

- Digitalisierte Fassung im Format PDF -

Das Mikroskop

Richard Julius Petri

Die Digitalisierung dieses Werkes erfolgte im Rahmen des Projektes BioLib (www.BioLib.de).

Die Bilddateien wurden im Rahmen des Projektes Virtuelle Fachbibliothek Biologie ([ViFaBio](#)) durch die [Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg \(Frankfurt am Main\)](#) in das Format PDF überführt, archiviert und zugänglich gemacht.

Das Mikroskop.

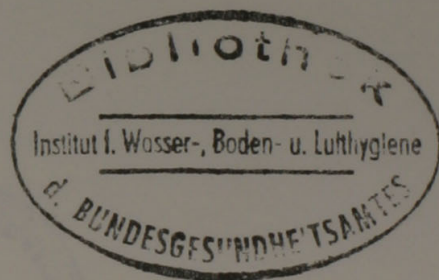
Von seinen Anfängen bis zur jetzigen Vervollkommnung
für alle Freunde dieses Instruments

von

Regierungsrath Dr. med. **R. J. Petri,**

ordentl. Mitglied des Kaiserlichen Gesundheitsamtes und Vorstand des
bakteriologischen Laboratoriums daselbst.

Mit 191 Abbildungen im Text und 2 Facsimiledrucken.

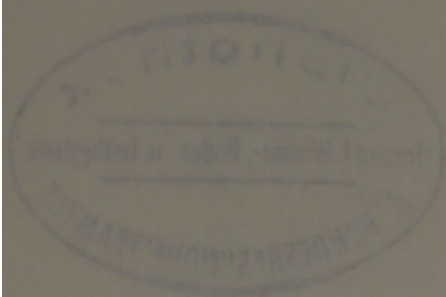


Berlin 1896.

Verlag von Richard Schoetz.

Luisenstrasse No. 36.

für alle Freunde dieses Instruments



Alle Rechte vorbehalten.

VI d 60



Friedrich Löffler,

Geheimem Medizinalrath, ordentl. öffentl. Professor der Hygiene,
Direktor des hygienischen Instituts der Universität Greifswald

freundschaftlichst

gewidmet

vom

Verfasser.

Minima quaeque, qui inter mortales felix videri cupit, observare non tantum decet, quam necessarium est.

Cardanus († 1576) „De subtilitate“, Lyon 1663.

Die Beobachtung aller winzigen Dinge (Mikroben) ziemt sich nicht nur für denjenigen, welcher unter uns Sterblichen den Anschein des Glücklichseins erwecken will, sondern sie ist vielmehr unerlässlich.

Von Jo. Zahn in der ersten Auflage des oculus artificialis 1685 citirt am Schlusse des Cap. III (des Syntagma III) nach Aufzählung der wichtigsten, damals schon bekannten, mikroskopischen Beobachtungen; der Satz ist also in gewissem Sinne vorahnend noch vor Erfindung des Mikroskopes und vor der Entdeckung der Mikroben — hier gleichwerthig mit „minima“ gedacht — geschrieben!

Lieber Löffler!

Als Du mir vor neun Jahren ein Exemplar Deiner „Vorlesungen über die geschichtliche Entwicklung der Lehre von den Bakterien“ schenktest, da gab dies die Gelegenheit zu wiederholtem Meinungsaustausch über den Nutzen des historischen Studiums der Vorgeschichte und der Geschichte nicht nur der Bakteriologie, sondern aller auf vornehmlich experimenteller Basis aufgebauten „modernen“ Wissenschaften. Wir bedauerten, dass gerade unter den jungen Bakteriologen der Drang, auf „Entdeckungen“ und Bereicherungen der „neuen“ Methodik auszugehen, dem historischen Aufbau des Wissens hinderlich sei. Wir kannten schon damals typische Beispiele von Prioritätsstreitigkeiten, in denen — Keiner von Beiden „Recht“ hatte, denn die „Methode“ war schon längst bekannt und „stand“ womöglich schon im Leeuwenhoek. Die glänzende Aufnahme, welche Deine Vorlesungen auch in den Kreisen jüngerer Fachgenossen fanden, erregte die Hoffnung, dass in jener Vernachlässigung der Leistungen früherer Geschlechter allmählich Wandel eintreten würde. Leider habe ich bisher wenig davon verspürt, hoffentlich hast Du bessere Erfahrungen zu verzeichnen. Während nun unsere damaligen Erwägungen vornehmlich auf eine gerechtere Würdigung der „Alten“ hinsichtlich der mikrobiologischen Forschungen einschliesslich der Methodik und Technik sich bezogen, bin ich inzwischen noch einen Schritt weiter ins „Detail“ gegangen und habe mir unser vornehmstes Berufsinstrument, das Mikroskop, in den Fokus historischer Studien eingestellt. Du hast ja auch in Deinen „Vorlesungen“ dies Gebiet, soweit für Deine Zwecke nöthig, bearbeitet, und wirst, wie ich zuversichtlich hoffe, die Ansicht theilen, nach welcher solche Studien nicht nur interessant, sondern für das Vertrautwerden mit unserem Mikroskop und seinen Leistungen äusserst förderlich sind. Die Entwicklungsgeschichte des Mikroskopes interessirt weitere Kreise als den der Hygieniker und Bakteriologen. Du hast sie ja selbst schätzen gelernt und gelehrt, jene Herren aus allen Ständen und Berufen, die,

sei es als Zunftgenossen, sei es als Dilettanten, an und mit dem Mikroskop vor uns gearbeitet haben! Fürwahr, es müsste eine zwar „gemischte“, aber höchstinteressante Versammlung geben, wenn es einem der modernen Spiritisten gelänge einmal die Geister jener Männer zu „materialisiren“ und in einen Raum zusammenzubringen. Ob sie sich wohl vertragen würden, der ewig junge und wissensdurstige vormalige Schnittwaarenhändler und nachherige Privatgelehrte aus Delft, Antoni van Leeuwenhoek, mit seinem Widerpart in Sachen der generatio spontanea, dem nicht minder berühmten Jesuitenpater Athanasius Kircher aus Rom? Wie würden die hochgelehrten Ordensbrüder Kirchers, die Herren patres Gaspar Schott, Philippus Bonanni, Joannes Zahn, sich freuen, die persönliche Bekanntschaft mit den nicht minder gelehrten Herren aus England, Robert Hooke, Thomas Moufetus und John Marshall zu machen. Wie sonderbar würde der mystisch angehauchte Kapuziner Antonius Maria Schyrleus de Rheita neben Renatus Des Cartes, dem klaren Philosophen sich ausnehmen! Und nun die etwas jüngere Gesellschaft, der Herr Justizrath Ledermüller, der Reiss-Oberstallmeister Freiherr von Gleichen genannt Russworm, Herr auf Greifenstein, Bonnland, Ezelbach etc. etc., Hochfürstlich Brandenburg-Culmbachischer Geheimer Rath etc., der geniale Italiener Amici und der schneidige Amsterdamer Reiteroberst Beeldsnyder, nicht zu vergessen des eleganten Professors Joblot und des vornehmen Capucin P. Cherubin d'Orléans, sowie des gelehrten Nürnberger Professors Johannes Christophorus Sturm. Daneben die genialen Geister Newton, Huyghens, dann der weitgereiste Nürnberger Griendl von Ach, der Koburger Schlossprediger Johann Michael Conradi — kurz, eine bunte und hochansehnliche Gesellschaft. Ich bitte Dich, lieber Freund, in Erinnerung an unsere damalige gemeinsame Arbeitsstätte in der Klosterstrasse 36 die Widmung dieses Werkchens annehmen zu wollen als einer Beihülfe und Anregung für die historische Würdigung des Mikroskopes, dem wir so Vieles verdanken. In alter Gesinnung etc.

Berlin, April 1896.

Dein

Petri.

V o r w o r t.

Die Bedeutung des Mikroskopes ist durch das mächtige Emporblühen der Wissenschaften, welche sich dieses Werkzeuges als Hauptmittel der Forschung bedienen, in gleichem Maasse wie diese Wissenschaften selbst gewachsen. Während vor noch etwa einem Menschenalter der Besitz einigermassen vollständig ausgerüsteter Mikroskope vornehmlich auf Institute und Laboratorien beschränkt war, hat heutzutage fast jeder Arzt, jeder Naturforscher, ja selbst jeder Studirende der Medizin sein Mikroskop. Die Zahl der Werke über die Anwendung des Mikroskopes in den verschiedenen Gebieten der Wissenschaft wächst in gleicher Weise täglich und doch kommt das Mikroskop selbst dabei in gewissem Sinne zu kurz. Das moderne Instrument wird ausreichend beschrieben, sein Gebrauch dem jeweiligen Zwecke der Spezialwissenschaft entsprechend auseinandergesetzt. Das mag dem hastenden Vorwärtseilen von Entdeckung zu Entdeckung genügen, aber der Forscher, der sein Hauptwerkzeug lieb hat, sollte, wie ich meine, wohl einmal Ruhe und Zeit finden, auch dem Mikroskop als dem Endgliede einer durch mehr als drei Jahrhunderte zurückreichenden Entwicklung einige Aufmerksamkeit zu schenken. Wer, wie der Verfasser, diesem Bedürfnisse genügen will, der sieht sich in der modernen Literatur, speziell der mikrobiologischen Fächer, nach einem Wegweiser für diese Art des Studiums vergebens um. Und doch bietet dieses Rückwärtsschauen auf die Arbeit unserer Vorfahren so viel des Interessanten und Belehrenden, dass es sich wohl lohnt. Die Welt im Kleinen ist durch dies Instrument dem Verständniss und der Beeinflussung von Seiten des Menschen genau in dem Maasse erschlossen worden, wie das Instrument selbst an Schärfe und Zuverlässigkeit gewann. Wir verdanken dem Mikroskop z. B. die besten Waffen gegen jene nimmer rastenden Feinde der Menschheit, die winzigen Keime der Infektionskrankheiten. Die zahllosen Heerschaaren jener verderbenbringenden Mikroben zogen

heimlich und ungesehen auf unerkannten Pfaden gegen den ahnungslosen Menschen zu Felde, sie entfalteten ihre heillose Thätigkeit im Verborgenen und rafften Tausende und Abertausende von Menschenleben dahin, ohne dass man auch nur ahnte, wer der Feind sei und von woher er anrückte. Da kam das Mikroskop und mit ihm wurde es Licht in jenem Dunkel. Jetzt kennt man den Feind, und von Tag zu Tage wird der Kampf aussichtsvoller, der Sieg gewisser. Mithin erfüllen wir auch eine Forderung der Pietät gegen die vorangegangenen Geschlechter, wenn wir ihrer Arbeit an der Vollendung des Mikroskopes nachgehen.

Was Du ererbt von Deinen Vätern hast,
Erwirb es, um es zu besitzen. —

Dies Wort des Dichters eignet sich wie kein anderes als Motto für eine monographische Bearbeitung der Entwicklung des Mikroskopes, geschrieben für einen Leserkreis am Ende des neunzehnten Jahrhunderts, desjenigen Jahrhunderts, welches vor seinen Vorgängern das voraus hat, dass noch vor seinem Schluss das Stadium der Ernte beginnt auf dem grossen Gebiete der naturwissenschaftlichen Arbeit, auf dem nicht die Spekulation, sondern die im zielbewussten Experiment gipfelnde nüchterne Beobachtung souverain ist.

Die historischen Studien, deren Ergebniss der Verfasser allen Freunden des Mikroskopes hier darbietet, datiren zum grossen Theil längere Jahre zurück. Die Drucklegung derselben war zunächst gar nicht beabsichtigt. Wenn sie trotz ihrer an vielen Stellen skizzenhaften Form dennoch erfolgt, so geschieht dies in der Voraussetzung, dass man von dem Werkchen nicht mehr verlangt, als es eben leisten will: allen Freunden des Mikroskopes Anregung und Wegweiser zu sein für das Studium der Entwicklungsgeschichte des Mikroskopes. Eine lückenlose, vollständige Geschichte des Mikroskopes zu schreiben, lag dem Verfasser fern. Dazu hätte die ganze Anlage, vor Allem auch der Rahmen des Werkchens viel grösser gewählt werden müssen. Eine solche Geschichte fehlt allerdings. Seit dem vortrefflichen Buche von Harting, dessen deutsche Originalausgabe von Theile 1866 in zweiter Auflage erschien und im dritten Bande auf 426 Seiten zusammengedrängt eine wahre Fundgrube für die Geschichte des Mikroskopes bis zu jener Zeit darstellt, ist nichts Aehnliches wieder erschienen. Eine Ergänzung bis auf die Neuzeit fehlt, zudem ist das Buch vergriffen und in seinen anderen Theilen längst überholt. Sein Gesamtumfang dürfte unseren heutigen Fachmikroskopikern auch wohl zu gross sein. Das war mit ein Grund, der mich zur Veröffentlichung einer kleineren, beschränkte Ziele ins Auge fassenden Arbeit bewog.

Die mehr skizzenhafte Form des Büchleins kam auch dadurch zu Stande, dass der Verfasser an einzelnen Stellen sich eine breitere Ausführung gestattete, als dies die Gleichmässigkeit des Ganzen vielleicht erheischt hätte. Er liess sich dabei von dem Spezialinteresse leiten, welches der Bakteriologe den betreffenden Entwicklungsphasen entgegenbringt. Mögen die anderen Freunde unseres Werkzeuges dies entschuldigen. Auch das Hineinziehen von Dingen aus der mikroskopischen Technik oder gelegentliche historische Exkurse in das Gebiet der mikrobiologischen Forschung, wie in dem Kapitel von Leeuwenhoek, bitte ich in diesem Sinne milde zu beurtheilen.

Zur Form der Darstellung sei noch bemerkt, dass die Vertheilung auf einzelne Kapitel, deren jedes in sich wenigstens in gewissem Sinne abgeschlossen ist, für die Bequemlichkeit des Lesers gewählt wurde. In gleicher Weise war es auch die Rücksicht auf den Leser, welche die Aufnahme relativ zahlreicher Abbildungen herbeiführte. Das Büchlein sieht nun zwar fast wie ein Bilderbuch aus, aber da der Verfasser bemüht war, die Abbildungen möglichst nach den alten Originalvorlagen zu gestalten, zumal das dankenswerthe Entgegenkommen des Verlegers ihn darin unterstützte, hofft er damit keinen Missgriff in der Ausstattung des Textes gethan und eine Förderung der Anschaulichkeit herbeigeführt zu haben.

Nach Harting unterscheidet man in der Geschichte des Mikroskopes vier Perioden:

Die erste umfasst die Vorgeschichte bis etwa zum Jahre 1300, bis wohin die konkaven und konvexen Linsen in allgemeine Aufnahme gekommen waren.

Die zweite Periode schliesst ab mit etwa dem Jahre 1600, bis wohin das neuerfundene zusammengesetzte Mikroskop anfang in Gebrauch zu kommen.

Die dritte Periode geht bis 1824, dem Jahr der Vorlage des ersten achromatischen Objektivs durch Selligue vor der Akademie zu Paris.

Von da ab datirt Harting die vierte Periode bis zur Gegenwart (1866).

Seitdem ist die Entwicklung des Mikroskopes in ungeahntem Masse fortgeschritten. Die Nachwelt dürfte es nicht für unbescheiden halten, wenn wir glauben, dass die mit den Namen Abbe, Zeiss und Schott verknüpften Erfindungen der homogenen Immersion und vor Allem der Apochromasie gleichfalls den Anfang einer neuen, also der Zahl nach fünften Periode in der Entwicklungsgeschichte des Mikroskopes bedeuten.

Was wird uns und den nachkommenden Geschlechtern diese Periode noch bringen? Hoffentlich weiteren Fortschritt auf unserem Gebiete, noch vollkommenere und fehlerfreie Mikroskope.

Bei den Citaten aus dem Lateinischen und Griechischen hielt der Verfasser es für angemessen, die deutsche Uebersetzung beizufügen, während dies bei neusprachlichen Stellen wohl unterbleiben konnte. Die gelegentliche Einführung biographischer Notizen aus dem Leben von solchen Männern, die sich um das Mikroskop verdient gemacht haben, wird dem Verfasser hoffentlich Niemand verargen. Ist doch die Entwicklungsgeschichte unseres Instrumentes mit dem Leben jener Männer sozusagen organisch verbunden, und unser Interesse an der Weitergestaltung des Mikroskops erheischt geradezu ein Eingehen auch auf gewisse Lebensphasen seiner Förderer!

Möge denn das Werkchen dazu beitragen, das Interesse an jenem mächtigen Entwicklungsgang bei allen Denen zu erwecken und zu erhalten, denen das Mikroskop sei es Berufsinstrument oder ein Werkzeug wissenschaftlicher Musse ist!

Berlin, im April 1896.

Petri.

Inhaltsübersicht.

	Seite
1. Kapitel. Die alte Geschichte des Mikroskops bis Athanasius Kircher	1—9
<p>Vorgeschichte. — Aelteste Linse aus Bergkrystall. — Schleifen der Glaslinsen aus der Steinschleifekunst hervorgegangen. Die Glas- schleifekunst geht Hand in Hand mit den Fortschritten im Mikroskop- bau. — Die ältesten, einfachen Mikroskope waren Linsen aus Glas, Krystall, Edelstein. — Linse von Niniveh (Layard). — Angaben von Plinius, Seneka, Aristophanes. — Alhazen 1052. — Roger Baco 1267. — Lesegläser und Brillen um 1200. — Vergrößerungs- gläser Ende 16. Jahrhunderts. — Linsen von kurzen Brennweiten Mitte 17. Jahrhunderts. — Verzeichniss Bonanni's 1691 damaliger Mikro- skopiker. — Hoefnagel 1592. — Stellutus 1625. — Moufetus 1634. — Descartes 1637, dessen erstes Mikroskop. — Blenden bei Descartes aus schwarzem Carton. — Zweites Mikroskop, Megaloskop.</p>	
2. Kapitel. Das Mikroskop von Kircher bis Leeuwenhoek. 9—17	9—17
<p>Kircher 1646, — <i>ars magna lucis et umbrae</i>. — K.'s Mikroskope. — Hyperbolische Linsen. — <i>Vitra pulicaria</i>. — Erfindung des zusammen- gesetzten Mikroskopes. — Zacharias Janssen aus Middelburg der Erfinder. — Rezzi's Briefe 1622—24. — Petrus Borellus 1655. — Brief Wilhelm Borel's 1655. — Erstes zusammengesetztes Mikroskop der beiden Janssen 1590. — Das zusammengesetzte Mikroskop und das Teleskop, Mitte 17. Jahrhunderts. — Fontana's <i>parvum specillum</i> 1646. — Schott's Mikroskope 1658. — Anekdote vom Flohglas des Pater Scheiner 1630.</p>	
3. Kapitel. Leeuwenhoek	18—38
<p>Antoni van Leeuwenhoek, 1632—1723. — Lebensschicksale nach Halbertsma, Fleck und Charante. — Grabschrift von Poot. — Urtheile von Molyneux 1692 — von Folkes — von Baker. — L.'s Mikroskope. — Mikroskop L.'s nach Baker. — Mikroskop im Kabinet zu Utrecht. — Mikroskop L.'s nach van Heurck. — Versteigerung von L.'s Mikroskopen. — L.'s Mikroskope nach Uffenbach. — Mikro- skop zur Demonstration des Blutkreislaufs im Fischschwanz. — Mikro- skop L.'s mit zwei Linsen nebeneinander. — L. hatte für jedes Objekt ein anderes Mikroskop. — Doublets L.'s fraglich. — Wie die L.'schen Mikroskope gegen das Licht gehalten wurden. — Leeuwenhoek's Beleuchtungs-Spiegel. — L.'s Kabinetsstück, der Blutkreislauf im</p>	

Schwanz des Aales. — Literarische Thätigkeit L.'s dauerte über ein halbes Jahrhundert. — Gedichte von Poot und Rabus. — Portrait von Verkoolje und De Blois. — Veröffentlichungen L.'s. — Briefe L.'s. — Die erste Bakterienabbildung 1683. — Weinhefe, Thierchen in Pfefferaufguss, im Darminhalt, Algendecke eines Weihers, zweite Bakterienabbildung L.'s, 1692. — Briefe L.'s vom 7. Sept. 1674 — 4. Nov. 1681 — 14. Juni 1680 — 12. Sept. 1683 — 12. Nov. 1680 — 16. Juli 1683 — 17. Okt. 1687 — 12. Jan. 1689 — 16. Sept. 1692 — 15. Okt. 1693 — 9. Nov. 1695 — 28. Juni 1713 — 24. Okt. 1713 — 22. Juni 1714 — 28. Sept. 1715 — 20. Nov. 1717.

4. Kapitel. Das einfache Mikroskop bis zum Ende des achtzehnten Jahrhunderts 39—66

Zur Zeit Leeuwenhoeks schon zahlreiche andere Mikroskope bekannt. — Angaben von Zahn, *oculus artificialis*, 1685 u. 1702 über alte Mikroskope. — Desgl. bei Ledermüller 1762. — Bei Sturm 1672. — Zahn's *microscopia seria* und *ludiera* 1685. — *Vitrum pulicarium commune*. — Oekonomiegläser. — Mikroskop von Köhlreuter, 1762. — Verbesserung der Einstellvorrichtungen. — Linsensätze. — Mikroskope von Musschenbroek. — M.'sche Nüsse. — Erster Blendenapparat von M. — M.'sche Mikroskope mit Fussplatte, benutzt von Swammerdam und Boerhave. — Universalmikroskope nach M. von Delius. — Desgl. von Lieberkühn. — Verbesserte von Ledermüller. — Stativlupe mit M.'schen Nüssen 1762. — *Porte Loupe* nach Joblot 1718. — Mikroskope von Cosmus Conradus Cuno nach Zahn 1702. — Mikroskop von Lieberkühn mit silbernem Beleuchtungsspiegel (Leeuwenhoek). — Cirkelmikroskope. — Desgl. mit Fuss, Exemplar des Germanischen Museums zu Nürnberg. — Universalmikroskop des von Gleichen gen. Russwurm nach Ledermüller 1761. — Beleuchtungsvorrichtung dazu. — Cirkelmikroskop von Milchmeyer. — Anatomisches Mikroskop von Lieberkühn. — Mikroskop von Hartsoeker 1694. — Geschmolzene Glaskügelchen als Linsen von Hooke 1665. — Butterfield 1677. — Marius Bettinus. — de Hudd. — Monconny. — Schrader. — Musschenbroek. — Adams. — Grey. — Giovanni Maria della Torre. — Antonio Barba. — Lalande, Harting. — Linsen aus Fischleim (Borellus). — Desgl. nach Gray 1697. — Wasserlinsenmikroskop von Gray 1696. — Desgl. nach Zahn 1702. — Mikroskope nach Wilson 1740. — Lieberkühnsches Mikroskop. — Elegant ausgestattete, einfache Mikroskope von Joblot, um 1710. — Einführung fester, die Theile des Mikroskopes zusammenhaltender Stative. — Mikroskop nach Cuff 1750. — Verbesserung der Einstellvorrichtungen. — Mikroskop des Vincenz Mazzola. —

5. Kapitel. Das einfache Mikroskop in der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts 66—82

Einfache Linsen und Lupen. — Periskopische Linsen und Vogel-Augenlinsen (*coneopside*) nach Wollaston, Brewster, Coddington. — Cylinderlupe nach Stanhope. — Stabförmige Linsen. — Die an Lupen und Linsen, insbesondere an Präparirmikroskope zu stellenden Anforderungen. — Die ersten Linsenkombinationen, Divini, Griendl

von Ach, Joblot, Adams. — Doublets, Triplets. — Lupe nach Adams. — Doublet von Wollaston 1829. — Euler 1764 Theorie und Herrschel 1821 Ausführung. — Doublets von Pritchard. — Desgl. von Chevalier mit achromatischer Konkavlinse. — Achromatische Linsen aus Kron- und Flintglas. — Achromatische Okulare des Dellerbarre 1722. — Achromatische Lupen von Plössl. — Wilson's Lupe. — Uhrmacherlupe. — Taschenlupe. — Das einfache Mikroskop. — Stativlupen. — Desgl. nach Lister, Ross, Strauss, Durkheim. — Einfache Vorrichtung von Mohl. — Präparirmikroskop von Zeiss. — Dissektionsmikroskop von Quekett. — Binokuläre Mikroskope. — Mikroskop von Smith and Beck, von Darwin benutzt. — Mikroskope von Chevalier. — Komplizirtere Formen von Pritchard (Dissektionsmikroskop). — Grosses einfaches Mikroskop von Pritchard. — Desgl. von Ross 1831. — Verbesserungen der Einstellmechanismen. —

6. Kapitel. Das einfache Mikroskop in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts bis zur Gegenwart 82—100

Glaskügelchen-Mikroskop von Brunk 1895. — Fortschritt des optischen und Rückgang des mechanischen Theils. — Achromasie der Lupen, Steinheil. — Lupen. — Doublets. — Desgl. mit Stativ von Nachet. — Lupenträger von Dippel. — Aplanat. Lupen von Steinheil, neue Formen (Zeiss). — Brücke'sche Lupen. — Desgl. nach F. E. Schulze. — Stativlupe von Hartnack, von Weinzierl. — Präparirstativ von Leitz. — Milchglasplatte. — Präparirmikroskope der Firmen Zeiss, Seibert und Leitz. — Bequemes Arbeiten mit solchen Mikroskopen. — Dissektionsmikroskop von Nachet. — Anforderungen an Präparirmikroskope. — Einfaches Präparirstat. — Ranvier's Photophor. — Untersuchungstisch nach Krönig. — Präparirmikroskop von Seibert. — Desgl. für grosse Objekte. — Präparirstativ V von Zeiss. — Präparirstativ IV von Zeiss mit Holzfuss. — Grosses Lupenmikroskop von Leitz. — Milchglasplatte auf der Rückseite des Spiegels. — Präparirstativ III von Zeiss. — Optischer Apparat dazu. — Mikroskop mit Präparirstativ III von Zeiss. — Grosses Präparirstativ I (P. Mayer) von Zeiss. — Preisgekröntes älteres Exkursionsmikroskop nach Marshall von Field & Co. (Birmingham). —

7. Kapitel. Das zusammengesetzte Mikroskop im siebenzehnten Jahrhundert (von Janssen bis Zahn) 100—120

Ältestes Mikroskop von Joh. und Zachar. Janssen zu Middelburg 1590. — Mikroskope des Eustachio Divini. — Abbildung bei Schott 1657. — Mittheilungen darüber 1667. — Okular aus zwei Planconvexlinsen. — Beschreibung des Mikroskopes von Divini bei Fabri 1667. — Angaben über dessen Vergrösserungen. — Die ältesten Mikroskope waren nur für auffallendes Licht berechnet. — Für durchfallendes Licht erst eingerichtet von Tortona und Bonanni. — Mikroskop von Robert Hooke 1665. — Hooke's Beleuchtungsapparat und Aufstellung des Mikroskops. — Zweites Mikroskop von Hooke mit Wasserfüllung. — Andere Mikroskope H.'s. — Mikroskop des Griendl von Ach 1687. — Angaben von Zahn über dieses Mikroskop. — Kombination zweier Linsen zu einem Objektivsystem von Sturm 1672. — Mikroskope von Zahn 1685. — Oculus artificialis von Zahn. — Mikroskope von Zahn

1701. — Eigenes Mikroskop des Joh. Zahn, mit 4 Linsen 1701. — Form und Material damaliger Stative. — Regeln zur Konstruktion der Mikroskope von Zahn. — Ausrüstung des Mikroskopes mit mehreren Objektiven verschiedener Stärke, nach Sturm. — Englisches Mikroskop dieser Art aus dem Kabinet Martin Behaim's zu Nürnberg. — Kombination zweier Objektivlinsen zu einem System von Sturm.

8. Kapitel. Das zusammengesetzte Mikroskop im siebenzehnten Jahrhundert. (Fortsetzung.) 120—134

Nähere Beschreibung der Mikroskope Tortona's für durchfallendes Licht. — Verbesserungen des zus. Mikroskopes durch Bonanni 1691. — B.'s Werk, observationes etc. — 2. Theil, Micrographia curiosa. — Eigene Mikroskope des B. — 3 Arten seiner Mikroskope. — Die Linsen des Okulars in fester Fassung. — Mechanischer Theil der Mikroskope B.'s. — Erstes, zweites und drittes (grosses) Mikroskop des Bonanni. — Letzteres erinnert an moderne Instrumente. — Angaben B.'s über mikroskopische Untersuchungen. — Material und Form des zus. Mikroskops am Ende des 17. Jahrhunderts. — Hyperbolische Linsen. — Porta 1607. — Schyrllaes de Rheita 1645. — Hertel 1716. — Binokuläre Mikroskope. — Desgl. des Cherubin d'Orléans 1677. — Desgl. des Zahn 1701. —

9. Kapitel. Das zusammengesetzte Mikroskop im achtzehnten Jahrhundert. (Erste Hälfte.) 134—152

Verbesserungen des optischen Theils zunächst am Okular — Verhältniss des einfachen zum zusammengesetzten Mikroskop. — Mikroskope für auffallendes und für durchfallendes Licht gesondert nebeneinander bei Bonanni, bei Conradi 1710. — Bikonkaves Mittelglas. — Okulare und Objektivsysteme Conradi's. — Instrumente für beide Beleuchtungsweisen von Joblot, 1716. — Elegantes Aeussere dieser zierlichen Mikroskope. — Leistungsfähigkeit nur gering. — Mikroskop, für fünf verschiedene Kombinationen eingerichtet. — Universalmikroskope Joblot's. — Kleine zusammengesetzte Mikroskope zum Einsetzen in die Gestelle der einfachen Mikroskope. — Mikroskop von Marshall mit einem Satz von 6 Objektiven, 1704. — Okularlinse aus Rauchglas. — Kondensor. — Universalmikroskop Ledermüllers mit Marshall'schem Tubus 1762. — Vorrichtung zum Auswechseln der Objektive. — Mikroskop von Hertel 1712. — Hertels Mikroskop, das erste zusammengesetzte mit Beleuchtungsspiegel. — Mikroskop von Scarlet und Culpeper 1738. — Das verbesserte Instrument bei Adams, das erste bis auf den Fusskasten aus Messing verfertigte Mikroskop. — Tubus in Messinghülse verschiebbar. — Nachbildung dieser Mikroskope in Nürnberg. — Mikroskope im Germanischen Museum zu Nürnberg, 1750.

10. Kapitel. Das zusammengesetzte Mikroskop im achtzehnten Jahrhundert. (Zweite Hälfte.) 152—165

Urtheil Adams, 1798, über die damaligen Mikroskope. — Mikroskop von Cuff-Baker 1744. — Verschiedene Einrichtungen zur groben und zur feinen Einstellung. — Vorrichtung zum Umlegen. — Blendenscheibe. — Pocket reflecting microscope von Martin 1742. — M.'s neues Universalmikroskop 1776. — Drehscheibe zum Auswechseln der Objektive.

— Universale von Steiner 1756. — Mikroskope der beiden Adams 1776. — Revolverscheibe zum Objektivwechsel. — Mikrometerschraube am Fuss. — Grosses Mikroskop von Adam mit Zahnrad zum Umlegen. — Taschenmikroskop A.'s. — Mikroskope von Jones 1798. — Verstellbare Beleuchtungslinse, Kondensor. — „Most improved“ Universale von Jones. — Mikroskope von Ring und Vennebruch in Berlin 1776. — Von Hofmann-Leipzig. — Von Reinthaler. — Von Brander-Nürnberg. — Dollond. — Duc de Chaulnes 1768. — Rückblick auf die Ausrüstung damaliger Instrumente. — Die Anbahnung der Achromasie. — Huyghens. — Newton. — Molyneux 1690. — Newton's Versuche von Euler wiederholt 1747. — Mikroskop von Dellebarre um 1760 mit Flint- und Kronglaslinsen in den Okularen. — Der Versuch, die Achromasie durch Kombination von Kron- und Flintglas im Okular zu erzielen, als gescheitert zu erachten. — Hall, achromatisches Fernrohr 1722/33. — Dollond 1757. — Erstes achromatisches Mikroskop (Megaloskop) von Aepinus 1784. — Erstes, wirkliches achromatisches Objektiv von Beeldsnyder 1791.

11. Kapitel. Das zusammengesetzte Mikroskop im neunzehnten Jahrhundert. (Erste Hälfte.) 165—186

Unzureichende Stärke, grosser Fokus der ersten achromatischen Objektive. — Charles und Arthur Chevalier zu Paris. — Achromatische Objektive van Deyl's 1807. — Mikroskop van Deyl's 1807. — Vorzüge dieser Objektive. — Fraunhofer's Versuche. — Donnet in Frankreich, Tulley in England, Amici in Italien. — Kombination mehrerer achromatischer Glieder zu einem System. — Selligues's Mikroskop 1824. — Anfang der neuen Epoche, wodurch das zusammengesetzte Mikroskop über das einfache endgiltig den Vorrang erhielt. — Nach van Heurck hat Chevalier zuerst achromatische Doppelglieder zu einem Systeme verbunden. — Von Chevalier zuerst Kanadabalsam zum Verkitten der Linsen benutzt. — Die Verfertigung von Systemen aus achromat. Doppelgliedern wird von vielen Seiten aufgenommen. — Vincent, Chevalier, Oberhäuser, Amici, Merz, Plössl, Schieck. — Die hervorragenden Verdienste Amici's um die Verbesserung des Mikroskopes. — Amici's neues, achromatisches Mikroskop 1827. — A. führt an Stelle der einzeln oder übereinandergeschraubt benutzbaren Doppelglieder von Selligues Systeme ein, deren Glieder in unverrückter Stellung fest mit einander verbunden bleiben. — Vorzüge dieser Systeme. — Kombination über- und unterkorrigirter Glieder. — Korrektion auf verschiedene Deckglasdicken. — Achromatische Konkavlinen von Fraunhofer. — Verbessertes Mikroskop von Amici 1849. — Leistungen dieser Instrumente. — Linse aus borkieselsaurem Blei. — Universalmikroskop von Chevalier 1842. — Desgl. vom Jahre 1814. — Rückkehr zu einfacheren Formen, Mikroskope A. Chevalier's um 1850. — An Stelle des Dreifussstativs der Hufeisenfuss. — Grosses Modell Chevalier's. — Grosses Mikroskop von Oberhäuser um 1835. — Nabet. — Grosses Modell mit Hufeisenfuss von Oberhäuser 1848. — Verbessert durch Hinzufügen eines Kondensors und Zahn und Trieb zur groben Einstellung. — Hartnack. — Grosse Stative von Nabet et fils um 1860. — Desgl. von Pacini 1845. — Von Merz 1839 und 1860. — Mikroskop von Plössl 1840. — Von Schieck.

12. Kapitel. Das zusammengesetzte Mikroskop im neunzehnten Jahrhundert. (Zweite Hälfte.) Immersionssysteme . 186—201

Immersionssysteme 1850 von Amici publizirt. — Geschichte der Immersion. — R. Hooke's innere Immersion. — Harting desgl. beim Okular. — Zuerst Wasserimmersionen. — Arbeiten von Abbe. — Oeffnungswinkel. — Iris. — Eintritts- und Austrittspupille. — Hauptebenen. — Einfluss der Grösse des Oeffnungswinkels auf die Leistung des Systems. — Das wirkliche Maass für diese Leistung ist nach Abbe die numerische Apertur. — $a = n \cdot \sin u$. — Wirkung der Immersion im Vergleich mit den Trockensystemen. — Die verschiedenen Typen der Immersionssysteme. — Konstruktionsprinzipien. — System mit Korrektionsfassung von Ross 1837. — Desgl. von Zeiss. — Von Wenham. — Wasserimmersionen VII von Seibert. — Amici's Immersion 1855. — Immersionen von Hartnack. — Homogene Oel-Immersion. — Vorgeschichte derselben. — Amici, Brewster, Stephenson. — Abbe 1878. — Werth der Oel-Immersion zuerst verkannt. — Leistungen der Oel-Immersion. — Vorrichtung Brewsters 1813 zur Messung der Refraktion. — Desgl. von Smith 1885.

13. Kapitel. Das zusammengesetzte Mikroskop in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts. (Fortsetzung.) Apochromate 202—213

Bemühungen Abbe's seit 1879 zur Erzielung noch höherer Achromasie. — Vorgeschichte der Apochromate. — Mecklin, Amici, verschiedene Glassorten ausser Kron und Flint. — Faraday's Glasfluss. — Borkieselsaures Blei in der Linse Quekett's 1844. — Abbe's Versuche mit Endomersion. — Zenger's vergebliche Bemühungen. — Desgl. Blair, Ende des Vorjahrhunderts mit Terpent in und Naphtha. — Barlow, Fernrohrobjektiv mit Schwefelkohlenstoff. — Hasert's Versuche gleichfalls vergeblich. — Abbe zeigt, warum dies nicht gelang. — Beide Abweichungen müssen getrennt beseitigt werden. — Linse nach Abbe mit Flüssigkeitsmeniskus. — Linse von Zenger aus Gallerte 1882. — Abbe, Schott und Zeiss gemeinsame Arbeit. — Richtungen und Ziele derselben. — Laboratorium in Jena. — Ende der Laboratoriums-Versuche 1883. — Staatssubvention von 60 000 Mark. — Ausführung der Arbeiten im Grossen. — Errichtung der neuen Anstalt 1884. — Vorher schon von C. Zeiss die ersten Apochromate 1883. — Leistungen der Apochromate. — Abweichungsfehler der Fokalwirkung. — Abweichungsfehler zweiter Klasse. — Apochromasie, eine höhere Ordnung der Achromasie. — Apochromate auch anderer Firmen. — Verbesserung der Apochromate durch Herstellung der Monobromnaphthalin-Immersion von Abbe 1888. — Deren Konstruktion und Vortheile, besonders für feine Strukturen, — van Heurck's Arbeiten mit diesem System. — Ausblick in die Zukunft.

14. Kapitel. Das zusammengesetzte Mikroskop in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts. (Fortsetzung.) Beleuchtungsvorrichtungen 213—227

Beleuchtung für auffallendes Licht. — Elektrisches Licht, von Engelmann und van Heurck benutzt. — Beleuchtung im durchfallenden

Licht. — Künstliches Licht. — Blenden. — Glühkörper. — Linsen. — Spiegel. — Beleuchtungsapparat des zusammengesetzten Mikroskopes. — Lichtquellen. — Mikroskop mit elektrischen Glühlampen von Mawson & Swan 1890. — Spiegel. — Kondensoren, ältere. — Reade, Carpenter, Wenham, Brewster. — Wollaston's Apparat 1829. — Dollond's Apparat. — Achromatischer Beleuchtungsapparat nach Brewster 1813. — Beleuchtungsapparat nach Dujardin 1838. — Benutzung von Objektivsystemen als Beleuchtungskondensoren (Koch). — Amici, Ross, Powell and Lealand, Smith. — Harting's Apparat 1850. — Achromat. Kondensor von Smith and Beck 1885. — Einfacher Kondensor mit Blenden zum Auflegen. — Anforderungen an einen solchen Beleuchtungsapparat. — Verschieden je nach Art und Färbung der Objekte. — Beleuchtungsapparat von Abbe. — Irisblende. — Cylinderblende. — Blendenscheibe. — Iriscylinderblende. — Apochromatischer Kondensor von Powell and Lealand 1891. — Neueste Form des Leeuwenhoek-Lieberkühn'schen Spiegels. — Vertikal-Illuminatoren zur Beleuchtung des Objekts von oben her durch das Objektiv hindurch, nach Hewitt 1860. — Zwischenstück von Smith. — Apparat von Zeiss für diese Zwecke.

15. Kapitel. Das zusammengesetzte Mikroskop in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts. (Fortsetzung.) Die Okulare 228—240

Okulare von Hooke, Divini, Griendl von Ach, Zahn, Bonanni. — Positive und negative Okulare. — Ramsden — Campani — Huyghens. — Physische und optische Tubuslänge. — Dippel's Anforderungen an die modernen Okulare. — Die wichtigsten derselben: Okulare nach Huyghens — Messokulare nach Ramsden — orthoskopische, periskopische, aplanatische Okulare — Holosteric-Okulare — Blenden in Okularen — apochromatische Kompensations-Okulare — Satz Zeiss'scher Okulare — Sucher Okulare — Stative — Theile: Fuss-theil, Säule, Objektisch, Einstellvorrichtungen, Tubus — Aufbewahrung des Mikroskops — Reise- und Exkursions-Mikroskope.

Schlussbemerkung 241—242

Verzeichniss der im Original benutzten Werke 243—248

Verzeichniss der Abbildungen.

	Seite
Fig. 1. Erstes Mikroskop des Descartes 1637	6
" 2. Zweites Mikroskop des Descartes (Megaloskop)	8
" 3. Mikroskope Kirchers 1646	11
" 4. Mikroskope des Gaspar Schott 1658	16
" 5. Vorder- und Rückseite eines Mikroskops von Leeuwenhoek nach Baker, um 1670.	20
" 6. Mikroskop von Leeuwenhoek im physikalischen Kabinet zu Utrecht nach van Haastert.	20
" 7. Vorder- und Rückseite eines Mikroskops von Leeuwenhoek nach van Heurck	21
" 8. Augenseite und Objektseite eines Leeuwenhoek'schen Mikroskops zur Demonstration des Blutkreislaufs im Fischschwanz nach Uffenbach	22
" 9. Objektseite und Augenseite eines Leeuwenhoek'schen Mikroskopes mit 2 Linsen nebeneinander	23
" 10. Allegorische Figur von einem Titelpupfer, zeigend, wie Leeuwenhoek's Mikroskope gehalten wurden	24
" 11. Vorder- und Rückseite des Leeuwenhoek'schen Mikroskops, welches die Person in Fig. 10 vor das Auge hält, mit Spiegelchen für auffallendes Licht (Leeuwenhoek's Beleuchtungsspiegel)	24
" 12. Leeuwenhoek's Vorrichtung zur Beobachtung des Blutkreislaufs in der Schwanzflosse des Aales	25
" 13. Die ersten Abbildungen von Bakterien nach Leeuwenhoek 1683, „levende dierkens“ aus der Mundhöhle (Speichel)	31
" 14. Algenfaden aus dem grünen Ueberzug eines stehenden Gewässers, 1687	34
" 15. Stäbchen aus der „weissen Materie“ zwischen den Zähnen; zweite Bakterienabbildung Leeuwenhoek's 1692	34
" 16. Aeltestes einfaches Mikroskop aus Zahn, oculus artificialis, 1685	40
" 17. Altes, aus einer mit Wasser gefüllten Glaskugel bestehendes Mikroskop nach Ledermüller und Hertel 1716	41
" 18. Altes Mikroskop nach Sturm 1672	41
" 19. Vitrum pulicare commune nach Zahn 1685	43
" 20. Mikroskopirbüchse nach Ledermüller 1762.	43
" 21. Oekonomieglas von Ledermüller 1762	43
" 22. Oekonomieglas nach Ledermüller 1762	43
" 23. Oekonomieglas von Meyen nach Ledermüller 1762	43
" 24. Mikroskop von Köhlreuter nach Ledermüller 1762.	44

Fig. 25.	Mikroskop nebst Zubehör von J. van Musschenbroek, um 1690 nach Zahn	45
" 26.	Zweites Mikroskop von J. van Musschenbroek, um 1690 nach Zahn	45
" 27.	Drei verbesserte Musschenbroek'sche Mikroskope nach Ledermüller 1762; i Universale von Delius, h anatomisches Mikroskop von Lieberkühn	46
" 28.	Stativlupe mit Musschenbroek'schen Nussgelenken nach Ledermüller 1762	47
" 29.	Porte Loupe nach Joblot 1718	48
" 30.	Drei einfache Mikroskope, gefertigt von Cosmus Conradus Cuno in Augsburg nach Zahn, oculus artificialis, 2. Aufl. 1702	49
" 31.	Cirkelmikroskop von Lieberkühn mit Spiegelchen nach Baker 1740	49
" 32.	Cirkelmikroskop im Germanischen Museum zu Nürnberg	50
" 33.	Universalmikroskop des Freiherrn von Gleichen gen. Russwurm nach Ledermüller 1761.	51
" 34.	Beleuchtungsvorrichtung des Freiherrn von Gleichen gen. Russwurm nach Ledermüller 1761	52
" 35.	Mikroskop von Milchmeyer (Nürnberg oder Frankfurt a. M.), benutzt von Ledermüller 1765	53
" 36.	Mikroskop von Ledermüller mit Holzstativ	54
" 37.	Okular und:	
" 38.	Objektseite eines Mikroskopes von Lieberkühn nach Ledermüller, gefertigt von Mitsdörfer in Berlin 1750	54
" 39.	Einfaches Mikroskop von Hartsoeker 1694	55
" 40.	Gray's Wasserlinsen-Mikroskop 1696	58
" 41.	Englisches Mikroskop mit Wassertropfen als Linse nach Zahn 1702	59
" 42.	Taschenmikroskop nach Wilson	60
" 43.	Mikroskop auf Stativ nach Wilson 1740	60
" 44.	Lieberkühn'sches Mikroskop	61
" 45.	Durchschnitt durch dasselbe	61
" 46.	Einfaches Mikroskop von Joblot, um 1716	61
" 47.	Innere Einrichtung des Joblot'schen Mikroskopes	62
" 48.	Arbeitsraum eines Mikroskopikers nach Joblot, um 1718	64
" 49.	Mikroskop nach Cuff; Wassermikroskop von Ellis 1750	64
" 50.	Mikroskop von Vincenz Mazzola (Wien)	65
" 51—54.	Vogelaugenlinsen nach Wollaston, Brewster, Coddington	68
" 55.	Cylinderlupe nach Stanhope	68
" 56.	Kleine, stabförmige Linse mit Kugelfläche	69
" 57.	Lupe nach Adams	71
" 58.	Döublet nach Wollaston 1829	71
" 59.	Doublet von Chevalier	72
" 60.	Lupe nach Wilson	73
" 61.	Lupe mit Hornfassung (sog. Uhrmacherlupe)	73
" 62.	Taschenlupe in Lorgnetten-Fassung	73
" 63.	Lupenträger nach Lister	74
" 64.	Lupenträger nach Ross	74
" 65.	Lupenträger nach Strauss-Durkheim	74
" 66.	Einfaches Präparir-Mikroskop von Mohl	76

Fig. 67—68. Dissektions-Mikroskop nach Quekett, aufgestellt und zusammengelegt.	77
„ 69. Mikroskop von Smith and Beck 1850, von Darwin benutzt . .	78
„ 70. Einfaches Mikroskop von Arthur Chevalier	79
„ 71. Dissektionsmikroskop von Pritchard	79
„ 72. Grosses, einfaches Mikroskop von Pritchard	80
„ 73. Grosses, einfaches Mikroskop von Ross	81
„ 74. Glaskügelchen-Mikroskop von Brunk 1895	83
„ 75. Aplanat von Steinheil	85
„ 76. Einfache, botanische Lupe	85
„ 77. Lupen in Lorgnettenform	86
„ 78. Lupe mit 2 Bikonvexlinsen in Messingfassung	86
„ 79. Fadenzähler	86
„ 80. Coddingtonlupe	86
„ 81. Doublet mit Stativ nach Nachet	86
„ 82. Einfacher Lupenträger (Dippel)	87
„ 83. Lupenträger mit Gelenken (Dippel)	87
„ 84. Aplanatische Lupe nach Steinheil von Zeiss, 6mal. Vergröss. .	87
„ 85. Dieselbe mit Handhabe	87
„ 86. 20mal vergrössernde Lupe nach Steinheil von Zeiss mit Handhabe	88
„ 87. Lupenstativ I von Zeiss mit aplanatischer Lupe nach Steinheil .	88
„ 88. Aplanat als Exkursionslupe nach Leitz	88
„ 89. Lupenstativ II von Zeiss mit Brücke'scher Lupe	89
„ 90. Brücke's Lupe nach F. E. Schulze von Klönne und Müller .	90
„ 91. Brücke'sche Stativlupe von Hartnack	90
„ 92. Stativlupe nach Weinzierl von Reichert (Wien)	91
„ 93. Präparirtisch mit Lupe von Leitz	91
„ 94. Dissektionsmikroskop von Nachet	93
„ 95. Einfaches Präparirstat (Durchleuchter)	94
„ 96. Ranvier's Photophor	94
„ 97. Untersuchungstisch nach Krönig	94
„ 98. Präparir-Mikroskop für grosse Objekte von Seibert	95
„ 99. Präparirstativ V von Zeiss	96
„ 100. Präparirstativ IV von Zeiss, einfaches Mikroskop mit Holzfuss .	96
„ 101. Grosses Lupen-Mikroskop von Leitz	97
„ 102. Mikroskop mit Präparirstativ III von Zeiss	98
„ 103. Einfaches Mikroskop nach Paul Mayer mit grossem Präparirstativ I von Zeiss	99
„ 104. Exkursionsmikroskop nach Marshall von Field & Co., Birmingham	100
„ 105. Durchschnitt des ersten zusammengesetzten Mikroskopes von Janssen (1590) nach van Heurck	101
„ 106. Mikroskop von Robert Hooke 1667	103
„ 107. Mikroskop von Robert Hooke 1667, der Raum zwischen Okular und Objektiv mit Wasser gefüllt	107
„ 108. Mikroskop des Griendl von Ach, Nürnberg 1687	108
„ 109. Längsschnitt des Griendl'schen Mikroskopes	108
„ 110. Die Anordnung der Linsen im Mikroskop des Griendl von Ach nach Joh. Zahn	110
„ 111. Zusammenstellung von 6 Mikroskopen nach Zahn 1685.	113

Fig. 112—114. Drei zusammengesetzte Mikroskope nach Zahn 1701 (2. Aufl. des oculus artificialis)	114
„ 115. Mikroskop des Joh. Zahn, nach eigener Angabe verfertigt mit 4 Linsen, 1701	115
„ 116. Mikroskop des Tortona und des Campana nach Langenmantel 1685	121
„ 117. Erstes Mikroskop des Bonanni 1691	128
„ 118. Zweites Mikroskop des Bonanni 1691	128
„ 119. Drittes, grosses Mikroskop des Bonanni 1691	129
„ 120. Binokuläres Mikroskop des Cherubin d'Orléans 1677	133
„ 121. Binokuläres Mikroskop von Zahn 1701.	133
„ 122. Mikroskop von Conradi für auffallendes Licht, 1710	136
„ 123. Mikroskop von Conradi für durchfallendes und seitliches Licht, 1710	136
„ 124. Mikroskop von Joblot, 1716, für auffallendes und für durchfallendes Licht eingerichtet, im Durchschnitt	137
„ 125. Dasselbe in der Gesammtansicht	137
„ 126 B. Mikroskop von Joblot 1716, fünf verschiedene Kombinationen ermöglichend, im Durchschnitt	140
„ 126 A. Dasselbe in der Gesammtansicht	140
„ 127 (1—3). Kleines zusammengesetztes Mikroskop von Joblot zum Einsetzen in das Stativ des Universalmikroskops	141
„ 128 (4). Kleines zusammengesetztes Mikroskop nach Joblot	141
„ 129 (5). Kleinstes Mikroskop Joblot's für den gleichen Zweck.	141
„ 130. Mikroskop von John Marshall 1704	144
„ 131. Kombination des Marshall'schen Mikroskops mit dem Universale (Cirkelmikroskop) des von Gleichen gen. Russwurm nach Ledermüller 1762	145
„ 132. Vorrichtung zum Wechsel der Objektive am vorgenannten Universale	145
„ 133. Mikroskop von Hertel 1712	147
„ 134. Verbessertes Mikroskop von Scarlet & Culpeper aus Messing.	149
„ 135. Mikroskop im Germanischen Museum zu Nürnberg um 1750	150
„ 136. Zweites Mikroskop im Germanischen Museum zu Nürnberg, um 1750	151
„ 137. Drittes Mikroskop im Germanischen Museum zu Nürnberg, um 1750	151
„ 138. Mikroskop von Cuff-Baker 1744	153
„ 139. Mikroskop von Martin 1742	155
„ 140. Neues Universalmikroskop von Martin 1776	156
„ 141. Mikroskop von Adams 1776	157
„ 142. Das „am meisten verbesserte“ (most improved) Universalmikroskop von Jones, 1798	159
„ 143. Mikroskop von Dellebarre, um 1760	162
„ 144. Mikroskop mit achromatischen Objektiven von van Deyl 1807	167
„ 145. Mikroskop von Selligie nach Chevalier 1824	169
„ 146. Verbessertes Mikroskop von Amici 1849	173
„ 147. Microscope universel von Ch. Chevalier 1842	175
„ 148. Microscope universel von Ch. Chevalier 1834	176
„ 149. Microscope usuel von Arthur Chevalier, um 1850	177
„ 150. Microscope d'étudiant von A. Chevalier, um 1850	177
„ 151. Grand Microscope de Strauss, von A. Chevalier	178
„ 152. Grand Microscope achromatique von Oberhäuser, um 1835	179
„ 153. Grosses Mikroskop mit Hufeisenstativ von Oberhäuser, 1848	180
„ 154. Grosses Mikroskop von Nachet, um 1860	181

	Seite
Fig. 155. Mikroskop von Nachet & fils mit grossem Objektisch auf Dreifuss	182
„ 156. Mikroskop von Pacini, 1845	183
„ 157. Mikroskop von Merz, 1829	184
„ 158—160. Mikroskope von Merz um 1860	185
„ 161. Mikroskop von Plössl, 1840	186
„ 162. Objektiv mit Korrektionsfassung von Zeiss	195
„ 163. Vorrichtung Brewster's zur Messung der Refraktion von Flüssigkeiten, 1813	200
„ 164. Vorrichtung von Smith zur Bestimmung der Refraktion von Flüssigkeiten, 1885	201
„ 165. Linse nach Abbe aus Kronglas, Flintglas und Flüssigkeitsmeniskus	204
„ 166. Linse nach Zenger aus Kronglas und einer plankonvexen Gallertlinse	204
„ 167. Mikroskop mit drei elektrischen Glühlampen nach M. Stearn von Mawson & Swan	216
„ 168. Glühlampen dazu nach M. Stearn	217
„ 169. Einfaches Mikroskop mit Beleuchtungslinse nach Wollaston, 1829	218
„ 170. Verbessertes Wollaston'sches Mikroskop nach Dollond	218
„ 171. Achromatischer Beleuchtungsapparat nach Brewster, 1813 . . .	219
„ 172. Beleuchtungsapparat nach Dujardin, 1838	219
„ 173. Beleuchtungsapparat nach Harting (gerade Beleuchtung), 1850 .	220
„ 174. Desgl. für schiefe Beleuchtung	220
„ 175. Blendenschieber zu Harting's Beleuchtungsapparat	221
„ 176. Achromatischer Kondensor von Smith and Beck, um 1885 . .	221
„ 177. Einfacher Kondensor mit Blenden zum Auflegen	221
„ 178. Beleuchtungsapparat nach Abbe	224
„ 179. Irisblende von Zeiss	225
„ 180. Blendungsscheibe, unter dem Objektisch angebracht	225
„ 181. Achromatischer Kondensor von Powell and Lealand	226
„ 182. Lieberkühn'scher Spiegel in neuer Form	226
„ 183. Vertikal-Illuminator von Smith	227
„ 184. Vertikal-Illuminator von Zeiss	227
„ 185. Ein Satz von sechs Kompensations-Okularen von C. Zeiss, 1895 .	231
„ 186. Mikroskop mit Stativ IX von C. Zeiss, 1895	234
„ 187. Mikroskop mit Stativ VII von C. Zeiss, 1895	235
„ 188. Mikroskop mit Stativ VIa von C. Zeiss, 1895	236
„ 189. Mikroskop mit Stativ IVa von C. Zeiss, 1895	236
„ 190. Mikroskop mit Stativ Ia und neuem beweglichen Objektisch von C. Zeiss, 1895	237
„ 191. Mikroskop, Stativ IVa, im Schrank stehend, von C. Zeiss, 1895 .	239



Zacharias Janssen.



Antoni van Leeuwenhoek.

Erstes Kapitel.

Die alte Geschichte des Mikroskopes bis Renatus Descartes.

Die Vorgeschichte des Mikroskopes reicht über das Alterthum hinaus in die graue Vorzeit zurück. Ganz abgesehen von den Stoffen, aus welchen die Nebenbestandtheile des Mikroskopes verfertigt sind, gilt dies vornehmlich von seinem Hauptbestandtheil, den Linsen. Nach Material und Form ist dieser wichtigste optische Theil, wie er heute von uns benutzt wird, das Ergebniss einer uralten Technik, aus deren Schoosse Brenngläser, Brillen, Lupen, Fernrohre und zuletzt auch Mikroskope hervorgegangen sind. Die älteste Linse, welche wir besitzen, wurde in den Ruinen von Niniveh gefunden und ist von Bergkrystall. Die Kunst, Glaslinsen zu schleifen, ist aus der viel älteren Kunst des Steinschleifens hervorgegangen. Diese Kunstfertigkeit besass aber schon der prähistorische Mensch. Als derselbe daher auf Verbesserungen sann, wie er aus den bunten und durchsichtigen Steinen, die er hie und da fand, die kugel- oder linsenförmigen Perlen für seinen Halsschmuck oder für den Kopfputz seines Häuptlings in eleganterer und glätterer Form zu Stande brächte, da leistete er dem Mikroskope des neunzehnten Jahrhunderts einen Vordienst. Bekanntlich wurde die Kunst des Linsenschleifens nicht nur in früheren Jahrhunderten, sondern bis in die Neuzeit hinein auch von Denjenigen erlernt und betrieben, welche das Mikroskop zu Forschungszwecken selbst benutzten. Man denke an Leeuwenhoek, der sich alle seine Mikroskope selbst anfertigte, oder an Zahn, De Rheita, Hertel, die den Mittheilungen über ihre mikroskopischen Entdeckungen weitläufige und genaue Angaben über das Schleifen der Linsen vorausschickten. Fortschritte in der Technik des Linsenschleifens, z. B. die Hervorbringung von Linsen mit Oberflächen von gleichmässiger und im Voraus berechneter Gestalt, sind daher stets die Vorbedingung und die Grundlage gewesen für die

Verbesserungen der optischen Instrumente überhaupt und des Mikroskopes im Speziellen. Die Geschichte des Mikroskopes geht Hand in Hand mit der Entwicklung der Glasschleifekunst. Mithin wäre es durchaus gerechtfertigt, bei einem Rückblick auf die geschichtliche Entwicklung des Mikroskopes auch die Mutterkunst des Mikroskopbaues, die Technik des Linsenschleifens, eingehend zu berücksichtigen. Das ist aber hier unterblieben aus verschiedenen Gründen. Der Leserkreis, für den dies Werkchen in erster Linie bestimmt ist, dürfte, modernen Gepflogenheiten folgend, im Allgemeinen in den Werkstätten der Glasschleifer sich nicht ohne besondere Vorstudien zurechtfinden, und dann ist auf diesem Gebiet die Arbeitstheilung doch so weit gediehen, dass Diejenigen, welche heutzutage das Mikroskop zu Forschungszwecken oder als Dilettanten benutzen, für ein genaues Eingehen auf jene subtile Arbeit des praktischen Optikers kaum Zeit übrig haben.

Die ältesten Mikroskope waren sogenannte einfache. Sie bestanden der Hauptsache nach aus kugelförmigen oder linsenförmigen Körpern von durchsichtigen, das Licht stark brechenden, optisch möglichst gleichmässigen Stoffen, also zumeist aus Glas. Es kamen aber, wie ich gleich hier erwähnen will, besonders in früheren Zeiten, auch andere Substanzen zur Verwendung, wie durchsichtige Mineralien (Edelsteine, Kiesel), Fischlinsen, Linsen aus Leim, Oelen, Harzen, ja selbst aus Wasser. Diese durchsichtigen, lichtbrechenden Körper mit gekrümmten Flächen erhielten eine zweckentsprechende Fassung, und so waren die einfachsten Vergrösserungsinstrumente fertig. Vorrichtungen zum Befestigen der Objekte, Einstellmechanismen, Beleuchtungsapparate traten früh hinzu. Da der wichtigste Theil dieser, sowie auch aller anderen Mikroskope, die durchsichtigen, lichtbrechenden Körper mit gleichmässig gekrümmten Flächen bereits im Alterthum bekannt waren, kann von einem Erfinder der einfachen Mikroskope, wie schon Priestley in seiner Geschichte der Optik betont, nicht die Rede sein.

Die Kunst, Glas zu schleifen, war, wie erwähnt, aus der uralten Kunst des Steinschleifens hervorgegangen. Unsere Museen enthalten zahlreiche Belegstücke für die grosse Gewandtheit und Fertigkeit der Alten im Herstellen von kleinen Kugeln und Linsen aus Steinen. Nach Lippert sind konvexe und konkave Linsen über 3000 Jahre alt. Layard fand in den Ruinen von Niniveh eine plankonvexe Linse aus Bergkrystall, die nicht ganz rund ist ($1,6 \times 1,4$ Zoll engl. im Durchmesser, 0,2 Zoll dick, Brennweite 4,2 Zoll). Dass die Linsen den Römern bekannt waren, geht aus Plinius¹⁾ hervor, der auch

¹⁾ Plinius, historia naturalis lib. 37, cap. 12 — lib. 36, cap. 26 — lib. 37, cap. 5 — lib. 26, cap. 26 — lib. 37, cap. 2 — lib. 3, cap. 67 — lib. 37, cap. 10.

die Brennkraft krystallener und gläserner Kugeln kannte. Auch Seneca¹⁾ beschrieb die vergrössernde Kraft mit Wasser gefüllter Glasgefässe und die lichtbrechende bzw. zerstreuende Eigenschaft geschliffener Gläser. Es ist aber nicht ganz sicher, dass die Alten diese Kugeln und Linsen für optische Zwecke auch wirklich benutzt haben; Brenngläser wussten sie aber zu gebrauchen. Aristophanes²⁾ erwähnt ein solches, mit dem man, wie aus dem Zusammenhang hervorgeht, in einer gewissen Entfernung (wächserne?) Schrift vertilgen könne. Solche Stellen aus den alten Schriftstellern hat Waller³⁾ gesammelt. Dieser sowie Hooker (nach Priestley, Geschichte der Optik), glauben, die Alten hätten zwar Kugeln, aber keine Linsen zum Brennen benutzt. Wie aber schon Delahire mit Recht bemerkt, kann es sich an der Stelle im Aristophanes wegen der grossen Brennweite (ἀπωτέρω στάς) nur um eine Linse handeln.

Die erste deutliche Meldung von der Vergrösserung durch Gläser rührt her von Alhazen, Ibn al Haitam, gest. 430 Hedschr. = 1052 Dom.⁴⁾ Derselbe beschreibt und erklärt an der Hand von Abbildungen

¹⁾ Seneca, quaestiones naturales, lib. 1, cap. 3, 6, 7.

²⁾ Aristophanes, Νεφέλαι, Act II, Scen. 1 v. 766. — Da die Stelle ganz amüsan ist, mag ihr hier ein Platz gegönnt sein. Gespräch zwischen Sokrates und Strepsiades; Sokr. fragt den Streps., wie er sich wohl eine δίκη über 5 Talente vom Halse schaffen, unsichtbar machen könnte, worauf jener (St.): εὖρηξ' ἀφανίσω τῆς δίκης σοφώτατην· ὥστ' αὐτὸν ὁμολογεῖν σε μοι. (So.): ποῖαν τίνα; (St.): ἤδη παρὰ τοῖσι φαρμακοπόλαις τὴν λίθον ταύτην ἐώρας τὴν καλὴν τὴν διαφανῆ ἀφ' ἧς τὸ πῦρ ἀπτουσι; (So.): τὴν ὕαλον λέγεις; (St.): ἐγὼ γε; (So.): φέρε, τί δῆτ' ἄν; (St.): εἰ ταύτην λαβὼν ὅποτε γράφοιτο τὴν δίκην ὁ γραμματεὺς, ἀπωτέρω στάς ὧδε πρὸς τὴν ἥλιον, τὰ γράμματα ἐκτίξαιμι τῆς ἐμῆς δίκης. (So.): σοφῶς γε, νῆ τὰς Χάριτας!

(St.): Ich habe eine ganz schlaue Art, die Klage zum Verschwinden zu bringen, ausfindig gemacht, wie Du mir selbst zugestehen wirst. (So.): Nun, wie denn? (St.): Hast Du schon bei den Pharmazeuten das schöne, durchsichtige Mineral gesehen, womit sie Feuer anzünden? (So.): Das Brennglas meinst Du? (St.): Allerdings. (So.): Wohlan, was weiter? (So.): Wenn ich mich mit demselben, während der Schreiber die Klage schreibt, von ferne so gegen die Sonne stelle, dann würde ich die Schrift der gegen mich gerichteten Klage wohl hinwegschmelzen können. (So.): Schlau ersonnen, bei den Charitinnen!

Delahire (Hist. de l'Acad. royale 1708), dem auch Harting (l. c. III, S. 7) beizupflichten scheint, meint, es handle sich in dieser Stelle um das Verbrennen von Papier. ἐκτίχειν heisst aber Hinwegschmelzen, und papierne Klageschriften gab es zur Zeit des Aristophanes gewiss noch nicht, sondern es werden wohl Wachstäfelchen gemeint sein. Passow, der die Stelle in seinem bekannten griechischen Lexikon unter ὕαλος erwähnt, glaubt dies Wort mit „Brennspiegel aus Glas“ wiedergeben zu müssen.

³⁾ Philos. Exper. and Observ. by Hooker etc., p. 348 — cit. nach Harting.

⁴⁾ Nach einer handschriftlichen Notiz auf dem Vorblatte des von mir benutzten Exemplars des Thesaurus aus der hiesigen Kgl. Bibliothek; nach Harting lebte Alhazen ben Alhazen etwa um das Jahr 1100.

in seinem *opticae thesaurus* lib. VII, These 44 bis 49 die optischen Erscheinungen, welche durch kugelförmige Medien von stärkerem Lichtbrechungsvermögen als die Luft hervorgerufen werden. Gegenstände, die durch kleinere Abschnitte solcher Kugeln in der Weise betrachtet werden, dass sie zwischen dem Kugelcentrum und dem Auge liegen, wobei die Konvexität des Kugelabschnittes dem Auge zugekehrt ist, erscheinen vergrössert. Allerlei Spezialfälle dieser Erscheinung nebst — manchmal falschen — Erklärungen werden l. c. angeführt¹⁾. Der Nächste, von dessen wissenschaftlichen Beschäftigungen mit solchen Vergrösserungsgläsern wir Kunde haben, war Roger Baco, der in seinem 1267 an Johann von Paris übersandten *opus majus* in cap. IV. „de diversitate loci imaginis sphaericis“ unter Beifügung von Figuren²⁾ die Verhältnisse bei Brechung durch sphärisch begrenzte Medien klarlegt, im nächsten Kapitel davon Beispiele anführt und dabei angiebt, dass solche kleineren Kugelabschnitte von Glas oder Krystall zu Vergrösserungen benutzt werden.³⁾

Diese und ähnliche Beobachtungen hatten bekanntlich im An-

¹⁾ Priestley (vid. Literaturverzeichniss am Schluss) behauptet zu Unrecht, wie sein Uebersetzer Klügel l. c. S. 14 Anm. rügt, Alhazen habe den grösseren Kugelabschnitt bei seinen Versuchen benutzt. Auch Harting ist dieser Ansicht. Dass Alhazen wirklich von dem kleineren Segment spricht, geht (wenn die lateinische Uebersetzung richtig ist, was ich nicht kontroliren konnte, da das arabische Original mir nicht zur Verfügung stand) meines Erachtens aus dem Wortlaut der *propositio* 44 hervor: *Si visus sit in continuata diametro circuli (qui est communis sectio superficierum, refractionis et refractivi convexi densioris) visibile vero inter ipsius centrum et visum, ab eodem centro aequabiliter distet: imago videbitur major visibili.* (Ausgabe von Risner 1572 l. c. S. 274.) „Wenn sich das Gesicht in der Verlängerung des Durchmessers von einem Kreise befindet, der die gemeinsame Schnittlinie bildet, sowohl des (Mediums), in welches hinein als auch des dichteren Konvexen (Mediums), durch welches die Brechung bewirkt wird, wenn der beobachtete Gegenstand dagegen zwischen dem Gesicht und dem Mittelpunkt dieses Kreises liegt, und zwar in gebührender (?) Entfernung von eben diesem Mittelpunkt, so wird ein Bild erscheinen, grösser als der beobachtete Gegenstand.“ — Die entsprechenden Sätze des Vitello, in dessen lib. X, 36—43, sind inhaltlich gleich, der Form und dem Latein nach auch nicht besser, sondern ebenso schwerfällig und unbequem zu lesen.

²⁾ Ausgabe von Combach (Lit. Verz.) 1614 S. 153—154.

³⁾ Ausgabe von Jebb (Lit. Verz.) S. 352: *Si vero homo aspiciat literas et alias res minutas per medium crystalli, vel alterius perspicui superpositi literis, et sit portior minor sphaerae, cujus convexitas sit versus oculum, et oculus sit in aëre, longe melius videbit literas et apparebunt ei majores.* — Wenn aber Jemand Buchstaben oder andere kleine Gegenstände durch ein darübergehaltenes Medium aus Krystall, Glas oder einem anderen durchsichtigen Stoff betrachtet, welches einen kleineren Kugelabschnitt darstellt, dessen Konvexität dem in der Luft befindlichen Auge zugekehrt ist, so wird er die Buchstaben viel besser sehen, und sie werden ihm vergrössert erscheinen. — In der Erklärung dieser Erscheinung ist davon die Rede, dass das Objekt *inter oculum et centrum (sphaerae)* sich befindet.

fang des 13. Jahrhunderts zur Einführung von Lese gläsern und Brillen geführt. Ueber die Benutzung der Linsen zu mikroskopischen Zwecken finden wir jedoch erst am Ende des 16. und am Anfang des 17. Jahrhunderts Angaben und zwar fallen diese mit einfachen Mikroskopen ausgeführten Untersuchungen zeitlich etwa mit der Erfindung des zusammengesetzten Mikroskopes zusammen. Sichere Nachrichten über die Benutzung von Linsen mit kurzen Brennweiten zu einfachen Mikroskopen tauchen wohl erst gegen die Mitte des 17. Jahrhunderts auf, während schwächere Vergrößerungsgläser schon weit eher allgemein bekannt waren. Bonanni (s. Literaturverzeichniss) giebt 1691 im 2. Kapitel seiner *micrographia curiosa* auf S. 7 einen *catalogus aliquorum, qui eruditione et fama praeclari suas observationes circa res minimas microscopio factas ad publicam utilitatem emulgarunt*¹⁾, und nennt als ersten Georg Hoefnagel, der 1592 zu Frankfurt a. M. ein Werk über Insekten mit 50 Kupfertafeln herausgab. Wir besitzen aus der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts eine ganze Anzahl solcher mit Abbildungen versehener Werke über die Insekten, Spinnen, Würmer etc., z. B. des Franciscus Stellutus 1625 über die Bienen²⁾, des Thomas Moufetus, *theatrum insectorum sive minimorum animalium*, London 1634 mehrere Jahre nach dem Tode des Verfassers erschienen, aus denen ersichtlich ist, dass die Verfasser anscheinend nur ziemlich schwache Linsen benutzten.³⁾

1) Verzeichniss einiger durch Gelehrsamkeit und Berühmtheit hervorragender Männer, die ihre mit dem Mikroskop gemachten Beobachtungen an kleinsten Gegenständen zum öffentlichen Nutzen bekannt gemacht haben.

2) *Apiarium ex frontispiciis etc. depromptum etc. exactum apis anatomen addidit academicus Lynceus Stelluti, Satyris Persii, quas eleganti carmine italicas redidit etc. Romae 1625 (Μελισσογραφία).*

3) Harting glaubt doch aus einigen solchen Angaben auf die Benutzung stärkerer Linsen schliessen zu können, z. B. aus folgender, dem Original entnommenen interessanten Stelle des Moufetus: (S. 6 des von Theodorus de Mayerne verfassten, an den britischen archiater regius Paddy gerichteten Einleitungsschreibens) *Atque adeo si conspiciat e Crystallo φακοειδῆ (quantumvis linceis oculis in perscrutandis atomis necessaria) sumas, miraberis cataphractorum pulicum obscure rubentem habitum, cum dorso setis rigente, et cruribus hispidis, et inter duas antennis prominentem tubum carnificem, amaram puellarum luem, humanae quieti in somnis praesertim inimicissimam. Pediculorum oculos prominentes cernes et cornua, crenatum corporis ambitum, totam substantiam diaphanam, per quam cordis et sanguinis tanquam in Euripo indesinenter fluctuantis motum. Patebunt tibi petulantium pediculorum cancriformium plana corpuscula, cum harpagonibus quibus, cutem humanam perpetuo inter pilos ore lancinantes, adhaerent tenacius quam lepades affixae scopulis. Imo ipsi Acari prae exiguitate indivisibiles, ex cuniculis prope aquae lacum quos foderunt in cute, acu extracti, et ungui impositi, caput rubrum et pedes quibus gradiuntur ad solem prodent. — Und mehr noch, wenn Du die Schaugläser aus linsenförmigem Krystall (wie für „lynceische“ [Lynceus, Argonaut mit besonders scharfem Gesicht] Augen beim Durchforschen von Atomen unentbehrlich) zur Hand nimmst,*

Jedenfalls geht aus der Literatur verschiedener Länder (Deutschland, England, Holland, Italien) hervor, dass bereits in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts die einfachen Mikroskope allgemein bekannte Instrumente waren. Mit den stärkeren derselben wurden schon in dieser Zeit zum ersten Male die Bakterien als besondere Gebilde erkannt und, allerdings als Thierchen *animalcula*,

vermicula etc., aber doch unverkennbar beschrieben sowie abgebildet. Aus derselben Zeit stammen auch die ältesten Abbildungen von einfachen und zusammengesetzten Mikroskopen, von denen wir die interessantesten hier wiedergeben.

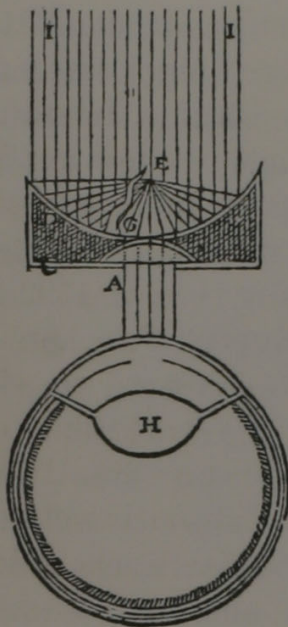


Fig. 1.
Erstes Mikroskop des
Descartes, 1637.

Descartes (s. Lit. Verz.) beschrieb in Kap. VIII des *Dioptrice et Meteora* (franz. 1637 erschienen) benannten Buches die physikalischen Erscheinungen der Brechung etc. in durchsichtigen Medien (Linsen, Brenngläsern) und giebt Kap. IX eine *descriptio specillorum*, und zwar zunächst der Brillen und dann in Abschnitt 4 der *perspicilia pulicaria ex unico vitro*. Auf Seite 181 befindet sich die in Fig. 1 wiedergegebene Abbildung seines auch von Kircher beschriebenen Instrumentes.¹⁾ In den Boden der

so wirst Du staunen vor dem dunkelrothen Aussehen der gepanzerten Flöhe mit ihrem borstenstarrenden Rücken und den haarigen Beinen, und der zwischen zwei Fühlhörnern hervorragenden peinbringenden Röhre, der bitteren Qual der Mädchen, die der menschlichen Ruhe während des Schlafes besonders feindlich ist. Du wirst die hervorstehenden Augen der Läuse erkennen, sowie ihre Hörner, den gekerbten Umfang ihres Körpers, die Durchsichtigkeit ihrer ganzen Masse, und durch diese hindurch die Bewegung des Herzens und des unablässig, wie in einem Euripus, strömenden Blutes. Es werden Dir offenbar werden die platten Leiber der frechen, krebsförmigen (Filz)läuse mit ihren Raubhaken, vermittelt deren sie, während sie die menschliche Haut zwischen den Haaren unaufhörlich durch ihr Gebiss peinigen, zäher sich festhalten wie die an den Klippen sitzenden Muscheln. Ja selbst die wegen ihrer Kleinheit untheilbaren Milben werden, mit der Nadel aus ihren Minengängen, die sie in der Nähe eines Wassersees (Bläschen) in die Haut gegraben haben, hervorgeholt und auf einen Fingernagel gesetzt, ein rothes Haupt und Füße, mit denen sie marschiren, an das Tageslicht bringen. — Ich glaube, man hat diese Beobachtungen schon mit relativ schwachen, etwa 40—50fachen Vergrößerungen angestellt. Die Abbildung der Kopflaus bei Moufetus, S. 259, misst z. B. 47 mm (nach Harting irrthümlich über 60 mm), was der angegebenen Vergrößerung in etwa entspricht.

¹⁾ Kircher, bezw. dessen Verleger, hat an der betreffenden Stelle den Randvermerk „deest figura“; dabei ist die Figur, wenigstens die Umrisse des wichtigsten Theiles derselben, (A C D von Fig. 1) auch auf der Kircher'schen Abbildung vorhanden, nämlich V R von Fig. 3.

innen geschwärzten Kapsel c ist bei A die plankonvexe Linse eingelassen. Der dem Auge H zugewandte Kapselboden ist bei A von einem etwa pupillengrossen Loch durchbrochen. Die andere Seite der Kapsel wird durch einen Hohlspiegel D gebildet und hat ebenfalls in der Mitte ein Loch bei G. Am Rande desselben ist ein „fulcrum“ GE angebracht, an welches die kleinen Objekte im Brennpunkte des Beleuchtungsspiegels befestigt werden. Die Linien I stellen den Gang der Lichtstrahlen dar. In der Original-Beschreibung der Figur heisst es: A sit vitrum, C pars inferior sphaerae, cui inclusum est, D exterior, E objectum, G brachiolum sustinens, H oculus et I sol. Die Strahlen gehen vom Spiegel D zum Objekt E und von diesem zum Auge. Beim Gebrauch wurde um den Rand der Kapsel ein schwarzes Tuch befestigt, zur Fernhaltung fremden Lichtes vom Auge. Das Instrument wurde vor das Auge gegen das Licht gehalten. Er wendete auch Blenden an, die er l. c. S. 182 abbildet, und von denen er schreibt: quapropter, quoties illa (objecta) nimis lucida erunt, diversi circuli nigri chartacei, vel similes in promptu habendi (ut 1, 2, 3) ad obtegendas illius (vitri) oras et partem ejus resectam, quantum lumen ex objectis effusum permiserit, angustissimum reddendum.¹⁾ Seine Blenden waren allerdings zunächst nur für Teleskope bestimmt; er empfahl sie aber auch für ein hier wieder gegebenes (Fig. 2) ideales Mikroskop. Solche Instrumente wurden später „Megaloscope“ benannt. Trotzdem dies Instrument gewiss niemals angefertigt worden ist, habe ich die Abbildung (l. c. S. 186) aufgenommen, weil daran fast alle Theile vorgesehen sind, die nur in anderer Form bei den Mikroskopen späterer Zeiten thatsächlich zur Ausführung kamen. Dies Instrument ist nach Descartes ein specillum (qualia itidem esse debeant perspicilla pulicaria, ut sint perfecta) cujus ope objecta propinqua et accessa quam distinctissime fieri potest conspiciantur, et multa distinctius, quam ope illius, quod paullo ante hunc in usum descripsimus etc.²⁾ Das Rohr ist am Objektende mit dem hyperbolisch-sphärischen (NRP hyperbolisch, NOP sphärisch) Konkavglas NOPR, am Okularende mit dem gleichfalls hyperbolischen Konkavglas abcd ef versehen. Der Fokus z der Objektivlinse soll so nahe derselben liegen, als es des

¹⁾ Deshalb sind Ringe von schwarzem Papier oder ähnlichem Stoff in verschiedener Grösse (wie z. B. 1, 2, 3) in Bereitschaft zu halten, um, je nachdem die Objekte zu stark leuchtend sein sollten, den Saum der Linse abzudecken und ihren freien Theil so eng zu machen, als es die von den Objekten ausstrahlende Lichtmenge nur gestattet.

²⁾ . . . Schauglas, gerade derartig beschaffen, wie es die Flohgläser, um vollkommen zu sein, sein sollten, mit dessen Hülfe nahe davor gehaltene Objekte so scharf als möglich betrachtet werden können, und zwar viel schärfer, als durch jenes Instrument, welches wir kurz zuvor für denselben Zweck beschrieben haben.

Lichtes wegen nur irgend möglich ist. Der Durchmesser NP soll etwas grösser sein als der der Linse A in Fig. 1 und durch den inneren Fokus der Hyperbel NRP gehen und zwar beiderseits bis an deren Fläche reichen; der Tubus ist ein- und ausziehbar zum Scharfeinstellen; das Objekt wird an einem kleinen Halter g bis z befestigt und steht dort im Fokus von drei verschiedenen optischen Apparaten, nämlich 1. des schon erwähnten Objektivs, 2. des an den Rand desselben sich anschliessenden hyperbolischen grossen Beleuchtungsspiegels CC und 3. der verstellbaren Beleuchtungslinse ii; schliesslich

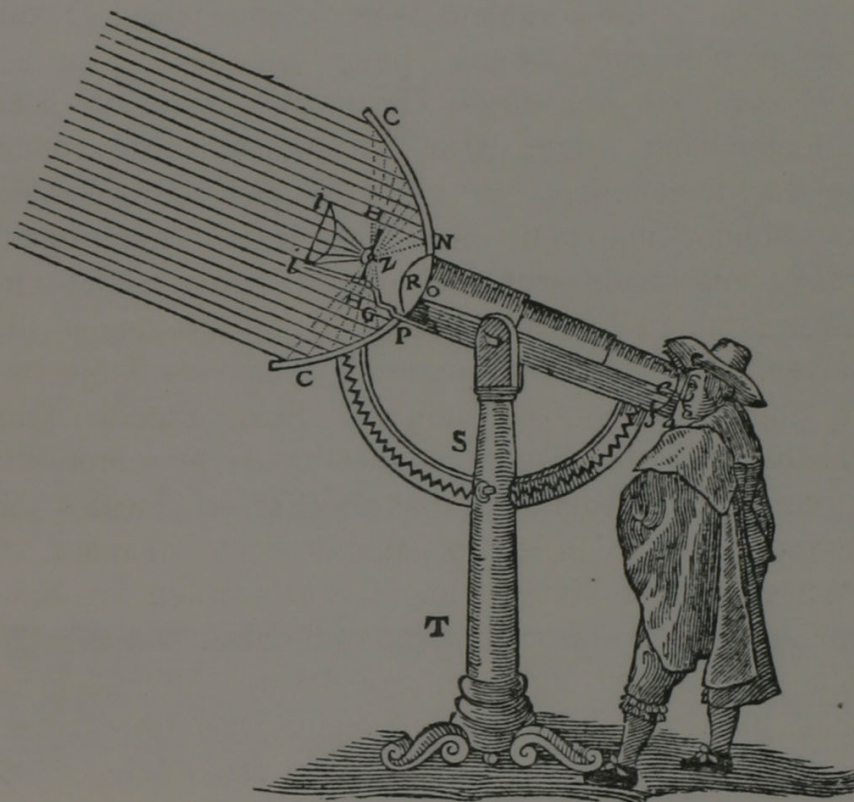


Fig. 2. Zweites Mikroskop des Descartes, 1637.

befindet es sich auch in der Mitte des durch eine zweckmässige Oeffnung durchbrochenen Diaphragmas HH, welches somit Blende und Objektisch repräsentirt und verhütet, dass direktes Licht in NOPR fällt. Der Tubus soll innen „nigerrimus“ sein, um jeden fremden Reflex aufzuheben. Durchsichtige Objekte werden von direktem Licht durchleuchtet. Wenn nöthig, wird letzteres verstärkt durch das „Brennglas“ ii, von gleicher Grösse wie NOPR; die Fläche von CC soll ebenso wie der Saum von ii nach Bedürfniss, um die Intensität der Beleuchtung sowohl des auffallenden wie des durchfallenden Lichtes herabzumildern, verhüllt werden. NOPR entspricht nach Descartes gewissermassen der Pupille; die Länge des Tubus, von der die Stärke der Vergrösserung abhängt, wird von der Lichtstärke des Bildes bestimmt,

und diese wieder vom Objekte selbst. An Stelle von NOPR können auch andere Linsen, ja deren zwei hintereinander (!) eingesetzt werden. Also hat Descartes schon 1637 die Benutzung von Linsensystemen für Mikroskopobjektive angeregt!¹⁾

Während Fig. 1 gewissermassen als das Prototyp eines einfachen Mikroskopes betrachtet werden kann, darf man Fig. 2 als das Vorbild der zusammengesetzten Mikroskope ansehen. Trotzdem beide Arten von Mikroskopen 1637 schon längst bekannt und ziemlich verbreitet waren, besitzen wir doch keine Abbildung von wirklichen Mikroskopen aus dieser Zeit. Die beiden Abbildungen des Descartes können daher immerhin als die ältesten Skizzen von Mikroskopen überhaupt ein gewisses Interesse beanspruchen.²⁾

Ob mit den von Descartes und seinen Vorgängern benutzten Instrumenten Bakterien schon gesehen worden sind, muss dahingestellt bleiben. Harting glaubt, dass die einfachen Mikroskope mit stärkeren Linsen erst nach Erfindung der zunächst schwächer vergrössernden, zusammengesetzten Mikroskope in Gebrauch gekommen sind.

Zweites Kapitel.

Das Mikroskop von Kircher bis Leeuwenhoek.

Die erste sichere Kunde, dass mit einfachen Linsen kleine, dem unbewaffneten Auge unsichtbare, lebende Wesen wirk-

¹⁾ Descartes, *Dioptrice* p. 189.

Possent etiam alia vitra poni in locum Hyperbolici NOPR, quae paulo plures radios quam hoc ab eodem objecti puncto reciperent; sed vel non efficerent, ut omnes radii ex diversis punctis venientes tam proxime ad totidem alia puncta versus oculum concurrerent: vel ad hoc duobus vitris loco unius esset utendum; atque ita radiorum vis non minus superficierum numero minueretur, quam figura augeretur; et denique illa multo difficilius possent poliri. — Man könnte auch an Stelle des hyperbolischen (Glases) NOPR andere Gläser einsetzen, die etwas mehr Lichtstrahlen, als dieses von demselben Objektpunkt aufnehmen; man würde aber doch nicht erzielen, dass alle von den verschiedenen Objektpunkten herrührenden Strahlen in ebensovielen anderen (zugeordneten Bild-) Punkten gleich genau gegen das Auge zusammenreffen. Auch könnte man statt des einen, zwei Gläser benutzen. Allerdings würde so die Kraft der Strahlen durch die Anzahl der (brechenden) Oberflächen in demselben Verhältniss verringert werden, als das Bild an Grösse zunimmt. Schliesslich wäre auch die Politur dieser (Gläser) viel schwieriger herzustellen.


²⁾ Die Wünsche, welche Nägeli und Schwendener (vid. Lit. Verz.) (1877) in ihrem bekannten Buche auf S. 101 und 102 unter 91 und 92 betreffs Beleuchtung der Objekte vermittelt eines parabolischen Hohlspiegels äussern, entsprechen im Wesent-

lich beobachtet wurden, hat uns der gelehrte Jesuitenpresbyter und Professor Athanasius Kircher¹⁾ überliefert.

In seiner 1646 zu Rom gedruckten *ars magna lucis et umbrae* (s. Lit. Verz.) sagt er in dem Kapitel *de mira rerum naturalium constitutione per smicroscopium investigandi*²⁾:

Haec autem est divina illa Opticae scientia, quae quod abditum est e profundissimis tenebris in admirabile lumen educit. Certe multa corpora omni vita, et anima destituta hucusque creditum est, quae tamen dioptica vivere deprehendit. Quis credere posset acetum et lac innumerabili multitudine vermium scatere, nisi id smicroscopa ars hisce ultimis temporibus summa omnium admiratione docuisset?³⁾

Es folgt dann eine Aufzählung von allerhand botanischen und zoologischen Entdeckungen, darunter die Sätze: *Quid pulex aliud nobis, nisi locustam sine ala refert? quid acarus, nisi ursum pilosum?* weiterhin ist *de sanguine febrientium verminoso . . .* und *de minimis animalculis e putri materia*⁴⁾ die Rede. Kircher kann mit Fug und Recht der Begründer einer sich an mikroskopische Thatsachen anlehenden *pathologia animata* genannt werden. Sein Buch über die Pest (s. Lit. Verz.) das 1671 erschien, legt davon Zeugniß ab⁵⁾. Kircher beschreibt die ihm bekannten Mikroskope mit den Worten:

Fiunt igitur smicroscopia variis modis. Omnis sectio sphaerae vitreae huic negotio sufficit. Nonnulli utuntur duabus lentibus convexis, de quibus numero quinto tractatum est. Quidam utuntur ingentibus vitreis sphaeris aqua repletis. E contra alii novo fere, atque sagacissimo inventu, minimas sphaerulas vitreas, quarum diameter minimarum perlarum diametrum non excedit, hujus videlicet quantitatis , includunt tubulo cuidam: in cujus superficie si pedem pulcis inter oculum et lampadem posueris, videbis mirum dictu erus foemoris ad instar equini pedis horridum⁶⁾ etc.

lichen dem, was Descartes 1637, also beinahe 250 Jahre früher, über die zweckmässige Beleuchtung des Objektes bei der Beschreibung seines ideellen *vitrum pulicarium* gesagt hat.


¹⁾ Kircher lebte 1601 bis 1680.

²⁾ l. c. in dem *magia parastatica* überschriebenen Buch auf S. 834.

³⁾ Dies aber ist jene göttliche Wissenschaft der Optik, die das Verborgene aus tiefster Finsterniss heraus an ein staunenerregendes Licht führt. Gewiss hat man von vielen Gegenständen bis heute noch geglaubt, sie entbehrten völlig des Lebens und der Seele, während das Mikroskop zeigt, dass sie dennoch lebendig sind. Wer hätte glauben können, dass der Essig und die Milch von einer zahllosen Menge Würmer wimmeln, wenn nicht die Kunst des Mikroskopirens dies gerade in letzter Zeit zur grössten Verwunderung Aller gelehrt hätte.

⁴⁾ An was erinnert uns der Floh anders, als an eine Heuschrecke ohne Flügel? und an was sonst die Milbe, als an einen zottigen Bären? u. w. dem wurmerfüllten Blute der Fieberkranken, und den winzigen Thieren aus fauler Materie.

⁵⁾ Vergl. darüber auch die ausführlichen Angaben von Löffler (s. Lit. Verz.), der auch einen Theil der Kircherschen Figur wiedergiebt (S. 2).

⁶⁾ Die Mikroskope werden also auf verschiedene Arten verfertigt; ein jeder Abschnitt einer Glaskugel genügt diesem Behufe. Einige bedienen sich zweier Konvexlinsen, von denen im 5. Abschnitt verhandelt wird. Andere benutzen grosse Glaskugeln voll Wasser; wieder andere schliessen nach einer neuen aber sehr sinnreichen Erfindung kleinste Glaskügelchen, deren Durchmesser den kleinsten Perlen nicht übertrifft, ungefähr von der Grösse dieses:  in ein Röhrchen ein; wenn man

Dann folgt (S. 835) die Beschreibung der untenstehend wiedergegebenen Figur: *tubulus sit A: C orbiculus vitreus in fundo tubi insertus: lampas D, oculus E.* Die Abbildung zeigt in Fig. AB eins der „vitrum pulicarium“ genannten, schwachen Vergrößerungsgläser. Die Bezeichnung *vitrum pulicare* oder *pulicarium* (beides kommt vor) rührt augenscheinlich davon her, weil man den Floh als ein überall vorhandenes und interessantes Objekt für derartige Beobachtungen vornehmlich benutzte. Bonanni moquirt sich allerdings 1691 in seiner *Micrographia curiosa* über diese Bezeichnung, die von Borellus eingeführt sei, weil man doch eine Menge anderer kleiner Dinge mit dem Instrument untersuche. Uebrigens heisst das Instrument an anderen Stellen *vitrum muscarium*.

Die Linse, bei B, ist in der Abbildung nicht zu sehen. Das kleine Objekt, ein Floh etc., kam bei c auf eine in das andere Ende des Tubus eingesetzte, gläserne Planscheibe *orbiculus vitreus*; von Manchen irrthümlicherweise mit „gläsernes Kügelchen“ übersetzt und für die Linse des Kircher'schen Instruments gehalten; der kleine runde Kreis neben C ist vielmehr eine Andeutung des auf der Planscheibe befestigten Objektes, also eines Flohes, wie aus der Vergleichung mit der ähnlichen Figur in Zahn's *oculus artificialis* hervorgeht. Mit diesem Instrument hat Kircher wohl kaum die *vermicula* in der Milch und im Fieberblut gesehen. Kircher sagt, er habe Mikroskope der erwähnten Art von Joannes Carolus cardinalis Medices zum Geschenk erhalten. Von demselben scheint auch die zweite Sorte, Fig. 3 MLNOR herzurühren, von der er schreibt:

Si quis ex duobus segmentis sphaericis conficiat lentem, ita ut acutius segmentum hyperbolem affectet; deinde puncto hujus admoveat res minutissimas experimento comperiet vera esse, quae dixi de miraculis in compositione et fabrica rerum naturalium latentibus. Hanc autem lentem perficiet, si hyperbolem ex una parte, ex altera sphaericam sectionem descripserit etc. figura lentis hic apposita mentem luculentius explicabit¹⁾.

auf die Oberfläche derselben zwischen Auge und Licht das Bein eines Flohes bringt, so wird man (wunderbar zu sagen!) den Oberschenkel des Beines so kolossal wie einen Pferdeschenkel erblicken.

¹⁾ Wenn jemand aus zwei Kugelabschnitten eine Linse derartig herstellen würde, dass ihr stärker gekrümmtes Segment einer Hyperbel (-fläche) gleichkäme,

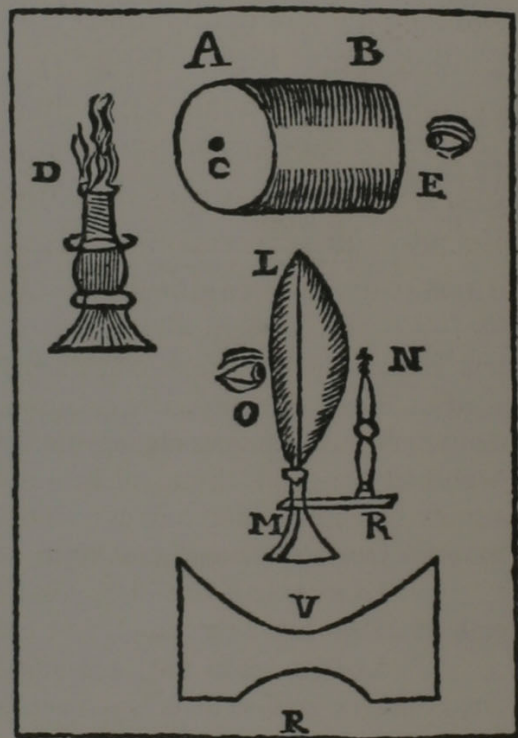


Fig. 3. Mikroskope Kirchers 1646.

Aus dieser Stelle scheint hervorzugehen, dass Kircher seine Beobachtungen mit sphäro-hyperbolischen Linsen gemacht hat. Der kurz vorher citirte Passus „nonnulli utuntur duabus lentibus convexis“ rechtfertigt die Vermuthung, dass er das zusammengesetzte Mikroskop zwar gekannt, aber nicht für seine Forschungen benutzt hat. Die Beschreibung der kleinsten perlförmigen Linsen, sowie die Worte *includunt tubulo cuidam u. f.* erinnern an stärker vergrößernde Linsen, wie sie 20 bis 30 Jahre später Leeuwenhoek¹⁾ verfertigte. Kircher beschreibt alsdann auch das in Fig. 1 wiedergegebene Mikroskop von Descartes, zu welcher Beschreibung, die er übrigens fast wörtlich dem Descartes entnommen, augenscheinlich die Zeichnung VR Fig. 3 gehört, obschon er sich im Texte nicht darauf bezieht, sondern die Buchstabenbezeichnungen des Descartes benutzt, für die freilich „die Figur fehlt“. ²⁾ Uebrigens giebt Kircher seiner *lens cyclohyperbolica* als einfacher und von gleicher Wirkung den Vorzug.

Der Zeit nach hätte schon vorher die Erfindung des zusammengesetzten Mikroskopes erwähnt werden sollen. Der Streit um diesen Erfinderruhm muss nach Harting wohl zu Gunsten des Zacharias Janssen³⁾ aus Middelburg entschieden werden. Nach Harting be-

und sodann dem Brennpunkte derselben sehr winzige Gegenstände nahe brächte, so wird er durch den Versuch erfahren, dass meine Behauptungen von den Wundern, die in der Zusammensetzung und im Bau der Naturobjekte verborgen sind, auf Wahrheit beruhen. Eine solche Linse wird man anfertigen, wenn man einen Abschnitt beschreibt, der auf der einen Seite hyperbolisch, auf der anderen kugelförmig ist etc. Die hier beigegefügte Figur wird meine Gedanken deutlicher erklären.

¹⁾ Leeuwenhoek war, als Kircher das Buch *ars magna* etc. veröffentlichte, erst 14 Jahre alt. Vgl. auch das bei Schott Gesagte.

²⁾ Löffler l. c. hat in seiner Wiedergabe der Kircher'schen Figur, die allerdings ohne den Vergleich mit dem Original im Descartes unverständliche Zeichnung VR fortgelassen.

³⁾ Molyneux (s. Lit. Verz.) 1692 giebt in Kap. VI „of the invention, discoveries made by, and other applications of optick-glasses“ l. c. S. 290 einen kurzen Abriss der Geschichte des Mikroskops, und nennt bei Aufzählung derjenigen, die Anspruch auf die Erfinderrechte haben, an erster Stelle Franciscus Fontana (1618) nach diesem Borellus (1650) und dann den Engländer Dr. Power (1664). — Fontana (s. Lit. Verz.) behauptet auf S. 145 l. c.: *inventionem hanc reperi in anno 1618*. Als Beweis führt er erstens die Thatsache an, dass das zus. Mikroskop vor 1618 nirgends bekannt gewesen sei; erst Pater Scheiner erwähnt es in der 1626 erschienenen *rosa ursina*; sodann beruft er sich auf das seinem Werke vorgedruckte Zeugniß des Jesuitenpater und lector publicus in almo Collegio Neapolitano Hieronymus Sirsalis, der S. 3 aber nur sagt: *ego etc. omnibus testatum volo me circiter annum 1625 in domo etc. Francisci Fontanae vidisse microscopium etc.* — Aus den oben erwähnten von Rezzi herausgegebenen Briefen geht aber hervor, dass schon vor 1624 das Mikroskop nach Italien eingeführt worden war. Nach Robert Smith (s. Lit. Verz.) 1738 verfertigte 1621 Drebbel in London schon zus. Mikroskope, wie von Augenzeugen bestätigt war. Der im Text abgedruckte Brief des W. Borel giebt nähere Auskunft darüber. Priestley (s. Lit. Verz.) hat, worauf auch Harting aufmerksam macht, diese

weisen die vom Abbe Rezzi, Bibliothekar im Palast Corsini in der Barberini'schen Bibliothek gefundenen 10 Briefe, die von 1622—24 datiren und in „sulla invenzione del microscopio“ Rom 1852 von Rezzi mitgetheilt wurden, dass 1624 das zusammengesetzte Mikroskop in Rom noch ganz neu war. Am meisten spricht aber zu Gunsten Janssens das Zeugniß des Petrus Borellus, des Leibarztes von Louis XIV. Derselbe theilt in seinem 1655 erschienenen Werke S. 34 einen Brief mit, den er am **9. Juli 1655** von dem belgischen Gesandten Wilhelm Borel erhielt, aus dem ich nachfolgende Stelle als die älteste Nachricht von jenem ersten zusammengesetzten Mikroskop wiedergebe:

Hic Hans, id est Johannes (quidam conspiciolorum confector) cum filio suo Zacharia ut saepe audiui, microscopia primi invenere, quae Principi Mauritio Gubernatori et summo duci exercitus Belgicae foederatae obtulerunt et honorario aliquo donati sunt. Simile microscopium postea ab ipsis oblatum fuit Alberto Archiduci Austriaco, Belgicae Regiae supremo Gubernatori. Cum in Anglia anno 1619 legatus essem, Cornelius Drebelius Alckmarianus Hollandus, vir multorum secretorum naturae conscius, ibique Regi Jacobo in Mathematicis inserviens et mihi familiaris, ostendit illud ipsum instrumentum mihi, quod Archidux ipsi Drebellio dono dederat, videlicet microscopium Zachariae istius, nec erat (ut nunc talia monstrantur) curto tubo, sed fere ad sesqui pedem longo, cui tubus ipse erat ex aere inaurato, latitudinis duorum digitorum in diametro, insidens tribus delphinis ex aere, itidem subnixis, in basis disco ex ligno Ebano, qui discus continebat impositas quisquilias, aut minuta quaeque, quas desuper inspectabamus forma ampliata ad miraculum fere maxima etc.¹⁾

Demnach war das Mikroskop, welches aus der Werkstatt des Johannes und seines Sohnes Zacharias in Middelburg um **1590** hervorging, wenigstens seiner Ausstattung nach keineswegs unvollkommen. Leider besitzen wir keine Abbildung davon und wissen auch über die Linsen nichts. Auch Borellus theilt uns wenig über

Stelle falsch übersetzt, und aus fere ad sesquipedem longo, p. 35 ein „6 Fuss langes“ und daher besser „Megaloskop“ zu nennendes Mikroskop gemacht, welchen Irrthum andere Autoren nachgebetet haben.

¹⁾ Dieser Hans, d. h. Johannes, ein gewisser Brillenverfertiger, hat zusammen mit seinem Sohne Zacharias, wie ich oft vernommen, als erster die Mikroskope erfunden und dieselben dem Prinzen Moritz, dem Statthalter und obersten Heerführer des vereinigten Belgiens, dargeboten und dafür ein Geldgeschenk erhalten. Ein ähnliches Mikroskop wurde später von demselben dem Erzherzog Albert von Oesterreich, dem obersten Statthalter im Königreich Belgien, übergeben. Während ich mich 1619 als Gesandter in England aufhielt, hat mir Cornelius Drebbel aus Alckmar in Holland, ein Kenner von allerhand naturwissenschaftlichen Geheimnissen, der dort als Mathematiker im Dienste des Königs Jakob stand und mir befreundet war, eben jenes Mikroskop gezeigt, was der Erzherzog dem Drebbel selbst zum Geschenk gemacht hatte, nämlich das Mikroskop jenes Zacharias; es hatte nicht etwa, wie jetzt solche gezeigt werden, einen kurzen Tubus, sondern einen etwa anderthalb Fuss langen Tubus, der aus vergoldetem Messing bestand, zwei Finger breit im Durchmesser war und auf drei messingnen Delphinen ruhte, die auf einer Fuss Scheibe von Ebenholz angebracht waren; diese Scheibe enthielt allerlei daraufgelegte kleine Gegenstände, die wir uns von oben her als in ganz wunderbar stark vergrößerter Gestalt ansahen etc.

die Mikroskope seiner Zeit mit. Seine Angaben auf l. c. S. 10 beziehen sich auf das bekannte *vitrum pulicarium*, quo pulex in camelum et musca in elephantum exsurgunt, sowie auf die übrigen Formen dieser einfachen Mikroskope (vergl. weiter unten bei Schott). Ueber den Bau der zusammengesetzten Mikroskope hat er nur die knappe Bemerkung: (Fiunt) vel instar tubi ductilia quae remittuntur et producuntur ad libitum et quibus subjiciuntur objecta et in eis nunc plura vitra, utpote quatuor vel tria induntur et sic objecta majora apparent etc.¹⁾ Noch dürftiger sind die Bemerkungen im 2. Buch de conspiciis, wo in dem kurzen Absatz de microscopio erst wieder die einfachen Mikroskope beschrieben sind und über das zusammengesetzte nicht viel mehr gesagt wird, als dass es aus zwei in einem Tubus befindlichen Linsen bestehe. Borellus liefert uns aber ferner ausser Angaben über die einschlägige frühere Literatur und die bedeutendsten Mikroskopverfertiger seiner Zeit auch eine Blumenlese von mikroskopischen Beobachtungen, theils von ihm, theils von Anderen herrührend.²⁾

Das zusammengesetzte Mikroskop wurde erst gegen die Mitte des 17. Jahrhunderts allgemeiner bekannt; vielleicht that seiner Verbreitung das zunächst grössere Interesse Abbruch, welches man dem ungefähr gleichzeitig erfundenen Teleskope und den damit ge-

¹⁾ Auch werden solche, wie die Fernröhre mit ausziehbarem Tubus gemacht, die zusammengeschoben oder ausgezogen werden nach Belieben, und denen die Gegenstände untergelegt werden; jetzt bringt man in denselben mehrere Gläser an, etwa vier oder drei und alsdann erscheinen die Objekte vergrössert etc.

²⁾ Da einige derselben nicht uninteressant sind, mögen sie hier kurz wiedergegeben werden. (Aus dem Anhang *observationum microscopiarum centurio* [1656]). *Observatio 75*: alba corpuscula in sero ac chilo — serum autem ab urina differe, ejus evaporatio ad ignem satis ostendit, cum crassescat instar ovi albuminis; *obs. 76*, de parenchymatibus: cor, renes, testiculi, jecur, pulmo, aliaque corporis parenchymata plexum esse organulorum et fibrorum videbis etc. — *obs. 79*, de aëris animalculis: aërem animalculis invisibilibus, pestis tempore, refertum esse Alstedius asserit, quae respiratione deglutiuntur et ex aëris corruptione enascuntur; — *obs. 1*, de vermibus aceti — *obs. 2*, de lacte, worin nach Kircher vermiculi, besonders in der sauren und im Käse — *obs. 3*, de sanguine: in sanguine febricantium vermes — idem in omni re, dum putrescit, contingere verisimile est — *obs. 31*, de variolis — *32*, de scabie etc., überall vermiculi latent — *obs. 41*, de musco: lippus vel muscus fenestris innascens, videtur hortulus amoenissimus (ut observavit Fontana) — *obs. 53*, de gonorrhoea verme: in gonorrhoea virulenta militis seu in balano ejus amicus meus observavit insectulum limaciformem, sed fere invisibilem, etc. — *Corollarium*: hic adhuc Paralipomeni gratia hoc addam, quod ex aqua in labris putrescente nascuntur vermes etc. — Diese Beobachtung eines insectulum bei der virulenten „gonorrhoea militis“ (vgl. goutte militaire) übertrifft an Alter die von Loeffler l. c. wiedergegebenen betr. Angaben von Donné (1837) um rund 200 Jahre! Allerdings erscheint es mir sehr fraglich, ob die von Borellus erwähnten, schneckenförmigen insectula Bakterien waren.

machten Entdeckungen am Sternenhimmel entgegenbrachte. So ist es zu verstehen, dass zahlreiche die Optik behandelnde Werke aus jener Zeit des neuen Instrumentes gar keine Erwähnung thun. Die Beschreibung, welche Fontana (S. 146) 1646 von seinem „parvum specillum“, wie er im Gegensatze zum *tubus opticus astronomicus* sein Mikroskop nennt, giebt, ist sehr dürftig; das Instrument enthielt eine kleine Objektivlinse und ein etwa Daumennagel grosses Okular, welches vom Objektiv um das vierfache seines Durchmessers entfernt war; das Bild erschien umgekehrt. Die Entfernungen der Linsen von einander und vom Objekt blieben stets dieselben¹⁾.

Das zusammengesetzte Mikroskop lieferte zunächst nur schwache Vergrößerungen und war für die Untersuchung opaker Gegenstände mit auffallendem Licht eingerichtet. Zu stärkeren Vergrößerungen und für die Beobachtung durchsichtiger Objekte im durchfallenden Licht benutzte man einfache Mikroskope mit kleinen Linsen. So blieb es im Allgemeinen noch bis weit in das 18. Jahrhundert hinein. Die Autoren, welche während dieser Zeit mikroskopische Beobachtungen veröffentlichten, benutzten oder bevorzugten wenigstens meist eine Art von Mikroskop. Die Beobachtungen und die Technik, welche für den Mikroskopiker von besonderem Interesse sind, knüpfen sich mehr an das einfache Mikroskop. Es ist daher nöthig, die Weiterentwicklung dieser Instrumente zu verfolgen.

Der einfachen Mikroskope Kirchers wurde schon gedacht. Etwas vollkommener waren die Instrumente, von denen uns des letzteren Ordens- und Amtsbruder Gaspar Schott einige Jahre später in seinem schönen, enkyklopädischen Werke *Magia universalis naturae et artis* (s. Lit. Verz.) 1658 und zwar in dessen 1. Theil, *optica*, die anschaulichen in Fig. 4 wiedergegebenen Abbildungen bringt. Seine Definition lautet (S. 533): *microscopium, si nominis etymon spectes, est quodlibet instrumentum quo res parvae ut magnae repraesentantur. Proprie tamen, et ex usu recentiorum dioptricum, microscopia sunt dioptrica instrumenta exiguae molis, quibus visae res minimae ad stuporem usque augentur*. Schott zählt 6 verschiedene Arten von Mikroskopen auf, die aber bis auf eins einfache gewesen sind. Von fünf dieser Mikroskope giebt Schott Abbildungen, deren Faksimile Fig. 4 ist. Die erste Sorte, No. 1 der Figur, ist das mehrerwähnte *vitrum*

¹⁾ Fontana bringt l. c. einen bis ins Kleinste gehenden Vergleich zwischen dem Fernrohr und dem Mikroskop. Dabei berichtet er, dass man mit seinem Mikroskop auch non inverse sed directe habe beobachten können. Es ist aus seinen Angaben aber nicht klar, wie er dies bewerkstelligte. In dem betreffenden Absatz ist auch von einer *lens concava* „in hoc specillo (scil. parvo) die Rede. Borellus (s. Lit. Verz.) giebt auch einen Auszug aus dieser Stelle, aus welchem hervorgeht, dass er dies Concavglas für einen Theil des Fontana'schen Mikroskopes hielt. Mir erscheint dies jedoch zweifelhaft.

pulicare¹⁾; Abbildung 2 stellt ein ähnliches, aber augenscheinlich ausziehbares, einfaches Mikroskop dar. Aehnlich wie beim vitrum pulicare wurden die Objekte, z. B. ein Stückchen Linnen, auf die am dickeren Ende befindliche Planscheibe befestigt. Das Vergrößerungsglas steckte am dünneren Ende. In 3 ist ein an die späteren „Oekonomiegläser“ des Ledermüller erinnerndes Instrument abgebildet. Am Boden des kleinen Glasgefäßes liegen die Objekte, Stückchen bunter Steine, Gold- und Silberflittern, Samenkörner u. ä. m.; im

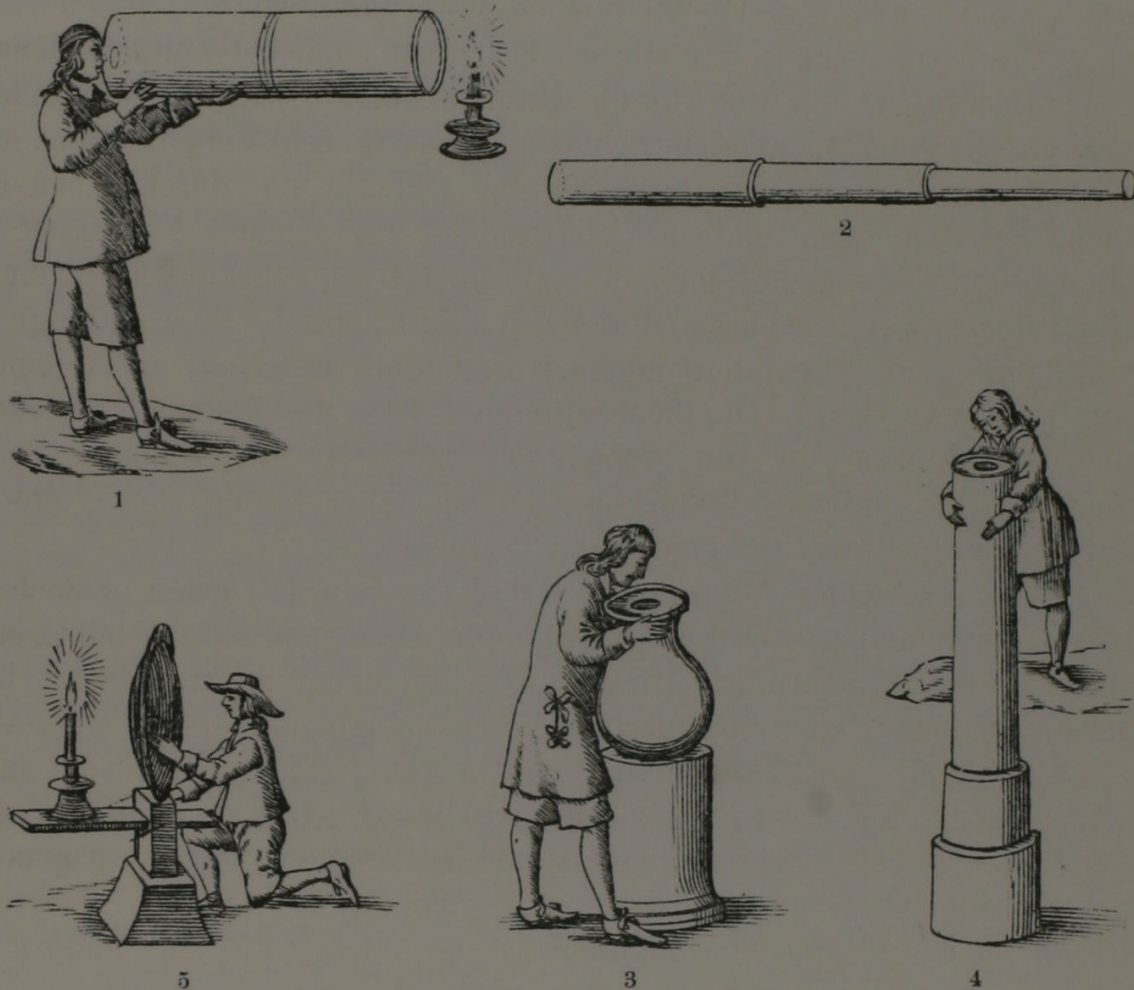


Fig. 4. Mikroskope des Gaspar Schott, 1658.

Deckel steckt die Linse. Das in 4 skizzierte Instrument soll das des berühmten Divini sein, ein etwa fusslanges Rohr, mehr als daumendick. Er sagt: *credi vix potest, quam mira hoc microscopuli genere fuerint detecta, et quam multa, quae omnibus retro seculis*

¹⁾ An dieser Stelle, l. c. p. 534 bringt Schott auch folgende Anekdote („*historia lepida de Microscopio*“): *Insignis quidam et doctissimus Vir, scriptisque libris notissimus, è Bavaria per Inferiorem Austriam in Tyrolim iter faciebat, nuntio comitatus; et in via correptus febris subsistere fuit coactus in pago quodam, ubi et mortuus est. Antequam terrae mandaretur cadaver à loci Parocho et incolis, Praetor cum senioribus sarcinulam demortui excussit, invenitque inter alia microscopium dictae*

abditā latuēre, fuerint in lucem producta¹⁾ etc. In Abbildung 5 ist unschwer das Mikroskop von Kircher (Fig. 3, Mitte) zu erkennen. Als sechste Form führt Schott, ohne eine Abbildung davon zu geben, das (nach meiner Auffassung nur theoretisch konstruierte) Instrument des Descartes („Renatus de Chartes“), Fig. 1 auf. Von eigenen Untersuchungen berichtet Schott uns nichts, obschon die Autoren jener Zeit mit der Beschreibung der Mikroskope eine Schilderung solcher Befunde zu verbinden pflegten. Seine Gläser gehörten augenscheinlich zu der von Zahn (s. Lit. Verz.) *microscopia ludicra* genannten Art und wurden zu ernsteren mikroskopischen Forschungen nicht benutzt. Die weitere Entwicklung des zusammengesetzten Mikroskopes soll der Gegenstand späterer Kapitel werden. Ich wende mich zunächst der Geschichte des einfachen Mikroskopes zu.

magnitudinis ac formae, cum incluso pulice. Cohorruit Praetor, et quotquot ex adstantibus microscopium inspexere, asserentes demortuum Virum veneficum fuisse, et Daemonem vitro inclusum secum gestare, ideoque indignum sepulturā esse. Diu tenuit controversia, donec tandem, nescio an studio, an casu, aperto Instrumento apparuit pulicem pilosum ac hirsutissimum esse, quem Daemonem putaverant. — Ein berühmter, hochgelehrter und durch seine Schriften weitbekannter Mann reiste in Begleitung eines Kouriers von Bayern durch Niederösterreich nach Tyrol. Unterwegens bekam er ein Fieber, musste in einem Dorfe Halt machen und starb daselbst. Bevor jedoch seine Leiche vom Ortsgeistlichen und den Einwohnern beerdigt wurde, durchsuchte der Schulze mit den Dorfältesten das Bündel des Verstorbenen und fand neben Anderem ein Mikroskop vorerwähnter Grösse und Form nebst eingeschlossenem Floh. Der Schulze, und alle Umherstehenden, die durch das Mikroskop blickten, erschrecken und versicherten, der Todte sei ein Giftmischer gewesen, habe in dem Glase den Teufel mit sich geführt und sei deshalb eines (ehrlichen) Begräbnisses nicht würdig! Lang dauerte der Streit, bis endlich durch Absicht oder Zufall das Instrument aufging und — ein haariger, rauher Floh zum Vorschein kam, den man für den Teufel gehalten hatte! Zahn, der in seinem mehrcitirten *oculus artificialis* (editio secunda, 1702) die Geschichte abdruckt, fügt noch den interessanten Satz hinzu: *Vir iste demortuus ut aliunde accepi, fuit P(ater) Scheinerus*. Also der fromme, durch seine mikroskopischen Forschungen berühmte Pater, der gelehrte Verfasser des 1630 erschienenen, *Rosa ursina* betitelten Buches, ist wegen seines „vitrum pulicare“ für einen Zauberer und Giftmischer, und der vergrösserte Floh für den leibhaftigen Gottseibeius gehalten worden!

¹⁾ Es ist kaum zu glauben, was für wunderbare Entdeckungen mit derartigen kleinen Mikroskopen gemacht, und wie viele Dinge, die in allen früheren Jahrhunderten im Verborgenen blieben, an das Licht gebracht worden sind etc. — Uebrigens scheint Schott dies Divini'sche Mikroskop doch nur ungenau gekannt zu haben. Es war kein einfaches, sondern (s. weiter unten) ein zusammengesetztes.

Drittes Kapitel.

Leeuwenhoek.

Der Erste, welcher uns über eine grosse Anzahl eigener, originaler, mit einfachen Mikroskopen gemachter Beobachtungen in wissenschaftlicher Weise berichtet hat, ist Antoni van Leeuwenhoek (1632 bis 1723).

Das grosse Interesse, welches neuerdings diesem unermüdlichen Forscher sich zugewendet hat, und zwar auf Grund der Thatsache, dass wir ihm die ersten Bakterienabbildungen verdanken, möge es rechtfertigen, an dieser Stelle einen kurzen Abriss über seine Lebensschicksale und seine Werke einzuschalten. Ich folge dabei hauptsächlich den Angaben von Halbertsma¹⁾. Antoni van Leeuwenhoek wurde am 24. Oktober 1632 zu Delft geboren. Er besuchte die Schule zu Warmond und kam von dort zu seinem Onkel nach Benthuisen, um die juristische Praxis zu erlernen. Halbertsma glaubt nicht, dass Leeuwenhoek für ein akademisches Studium bestimmt war, da er nach eigener Angabe (in Brief 28) das Latein nicht erlernte. 16 Jahre alt, wurde er von seiner Mutter in einem Schnittwaarengeschäft zu Amsterdam untergebracht, wo er Buchhalter und Kassirer wurde. Schon zu dieser Zeit fing er an, naturwissenschaftliche Studien zu betreiben und Verbindungen mit Gelehrten anzuknüpfen. Nach einiger Zeit gab er den Kaufmann auf, kehrte in seine Vaterstadt zurück und verheirathete sich. Nach dem Tode seiner ersten Frau verheirathete er sich wieder. Zuerst lebte er in Delft als Privatmann ohne Amt. Später nahm er ein solches von der Stadt an als „Kamerbewaarder der Kamer van heeren schepenen“, das er ganze 39 Jahre innehatte, wobei er aber volle Musse zu seinen Studien fand. Er starb am 26. August 1723. Seine einzige Tochter Maria liess ihm in der Kirche des heiligen Hippolyt zu Delft ein Denkmal setzen. Dasselbe hat die von Poot herrührende Grabschrift:

Heeft Elk O Wandelaer Alom
Ontzagh Voor Hoogen Ouderdom
En Wonderbare Gaven
Soo Set Eerbiedig Hier Uw Stap
Hier Legt De Gryse Wetenschap
In Leeuwenhoek Begraven.

¹⁾ Halbertsma, Fleck und van Charante (s. Lit. Verz.), drei Freunde, haben in ihren 1843 und 1844 erschienenen Dissertationen Leeuwenhoek und dessen Werke zum Gegenstand. Der Erstgenannte übernahm die Biographie, die anderen beiden seine Werke.

Leeuwenhoek war Autodidakt und besass Geschick zur Anfertigung der von ihm selbst konstruirten Mikroskope. Wie alle Autodidakten war er stolz auf seine Fertigkeiten und überschätzte dieselben nicht selten. Auch liebte er es den Ueberlegenen und Geheimnissvollen zu spielen, besonders gegenüber den zahlreichen wissbegierigen und neugierigen Besuchern, die oft von weit her kamen, um den berühmt gewordenen Mikroskopiker kennen zu lernen. Mehrere solcher Besucher haben uns über Leeuwenhoek und seine Mikroskope ausführliche Berichte hinterlassen. Molyneux (s. Lit. Verz.) schreibt in seiner 1692 erschienenen Optik: „The Heer Lewenhoeck of Delft in Holland has lately applyd himself with great Diligence to the use of Microscopes: of which instrument he thinks he has a better kind than was ever yet known. When I visited this Gentleman at Delft, he shew'd me several that indeed were very curious, but nothing more, than what I had ordinarily seen before; being composed only of one single, very minute Glass-Sphere or Hemisphere, placed between two very thin pierced Laminae, or Plates of Brass, and the Object was brought to its due distance before the glass by a fine Screw; But for his best sort, he beg'd our Excuse in concealing them. Günstiger für Leeuwenhoek ist die Kritik von Martin Folkes, sowie auch von Baker. Leeuwenhoek hatte der royal society zu London, auf deren ihm 1679 verliehene Mitgliedschaft er sein ganzes Leben hindurch nicht wenig stolz war, 26 seiner selbstgefertigten Mikroskope vermacht. Folkes, der damalige Vizepräsident der gelehrten Gesellschaft, rühmt in seinem Bericht (Philosophical transactions XXXII, pag. 466) die ausserordentliche Klarheit und Güte der von Leeuwenhoek geschliffenen Linsen; auch seiner Fertigkeit im Präpariren der Objekte und der Objektivität seiner Beobachtungen spendet er wohlverdientes Lob. Baker (s. Lit. Verz.) giebt uns aus eigener Anschauung¹⁾ eine genaue Nachricht über die erwähnten 26 Mikroskope. Dieselben waren (vergl. auch Priestley l. c.) in einem Schränkchen des Indian cabinet in 13 kleinen Kästchen à 2 Stück aufbewahrt²⁾. Von den zwischen Silberplatten befestigten bikonvexen Linsen vergrösserten 9 nur 40 bis 72mal, 8 80mal, 5 100 bis 133mal, und eine 160mal. Fig. 5 ist die Abbildung, welche Baker von der Augen- (A) und Präparaten- (B) Seite eines dieser Mikroskope giebt. Die Linse befindet sich bei c in einem Loche zwischen zwei vorn

¹⁾ Wie ich durch private Erkundigung an Ort und Stelle erfahren habe, sollen die Leeuwenhoek'schen Mikroskope in London nicht mehr zu finden sein. Wenigstens war den Beamten der royal society nichts über deren Aufbewahrungsort bekannt. Sie würden, wie man mir berichtete, schon seit mehreren Jahren vermisst.

²⁾ Baker giebt an (l. c. S. 434), dass ihm die Leeuwenhoek'schen Mikroskope zwecks eingehender Prüfung drei Monate zur Verfügung standen.

dieselbe umfassenden rechteckigen Silberplatten. Diese werden durch 6 Niete *b* zusammengehalten. Durch die Schraube *e* ist auf *A* der nach vorn rechtwinklig (*f*) umgebogene Silberstreifen *d* befestigt. Durch

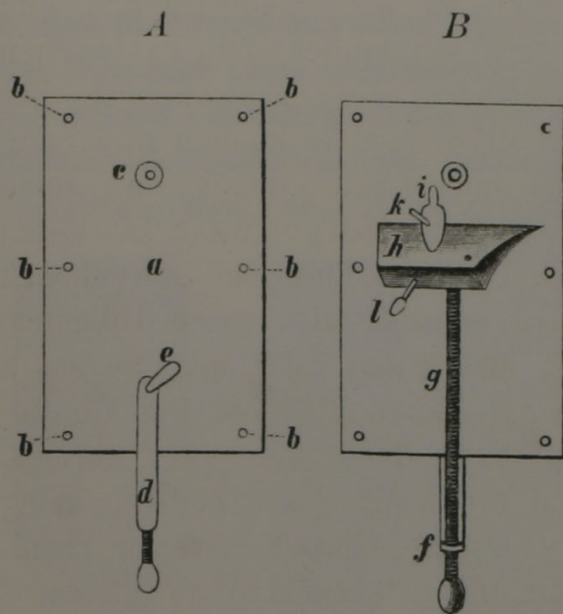


Fig. 5. Vorder- und Rückseite eines Mikroskopes von Leeuwenhoek nach Baker, um 1670.

f geht die Stellschraube *g*, welche unten einen Griff und oben den kleinen Objektisch *h* trägt. Zum Befestigen der Objekte dient der Stachel *i*, welcher durch die Handhabe *k* um seine Axe gedreht werden kann. Die Schraube *l* geht durch den Objektisch und stösst gegen die Platte *B*. Die Höheneinstellung wird durch Drehen der Schraube *g*, die Einstellung der horizontalen Entfernung von der Linse durch Drehen der Schraube *l* bewirkt. Harting hat bei Maitland einen dieser Abbildung genau entsprechenden silbernen

Leeuwenhoek gesehen, dessen Silberplatten etwa $3 \times 1,7$ cm. im Geviert massen. Figur 6 ist die Abbildung eines etwas grösseren messingnen Mikroskopes ($4,5 \times 2,5$ cm im Geviert), welches sich im physikalischen Kabinet zu Utrecht befindet. Die Abbildung, van Haastert entlehnt¹⁾, ist nach Harting naturgetreu. Die sehr gute bikonvexe Linse vergrössert 270mal und löste die dritte Gruppe der Nibert'schen Probeblättchen gut, die vierte mühsam auf. Die kleine Stellschraube *h* hat nur elf Windungen. Das ganze Instrument ist ziemlich grob gearbeitet. Nach Birch²⁾ hat Leeuwenhoek noch bessere Mikroskope besessen und dem Molyneux nur seine gewöhnlicheren gezeigt. Aehnliches berichtet auch Uylenbroek³⁾ in einem unedirten Briefe des Huyghens in der Bibliothek zu Leyden. Harting hält jedoch dafür, dass das im Utrechter Kabinet aufbewahrte Instrument zu den besten des Leeuwenhoek gehört hat. Fig. 7 zeigt ein in dem Werke von H. van Heurck

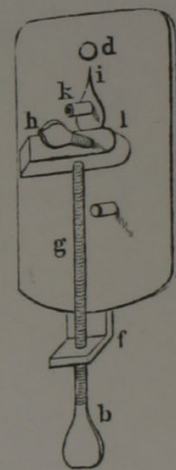


Fig. 6. Leeuwenhoek'sches Mikroskop im physikalischen Kabinet zu Utrecht nach v. Haastert.

¹⁾ Isaac van Haastert, Anth. van Leeuwenhoek vereierend herdacht, 1823 — auch Halbertsma (l. c.) hat dieselbe Abbildung.

²⁾ Birch, history of the royal society of London 1757.

³⁾ nach Halbertsma.

(s. Lit.)¹⁾ abgebildetes Mikroskop, welches in seiner Einstellvorrichtung etc. von den hier gebrachten geringe Abweichungen darbietet. Am 29. Mai 1747 wurden die Mikroskope aus dem Nachlass Leeuwenhoeks öffentlich versteigert. Harting theilt aus einem in seinem Besitz befindlichen ausführlichen Auktionskatalog mit, dass 247 vollständige Mikroskope, 172 zwischen Platten gefasste Linsen, zusammen also 419 Linsen, worunter drei aus Bergkrystall (Amersfoorter Diamant) und eine Linse aus einem Sandkorn mit ebenfalls einem Sandkorn als Objekt zum Verkauf kamen. 160 Mikroskope waren von Silber, 3 aus Gold; zwei der letzteren wogen 10 Engels 17 As, das dritte 10 Engels 14 As. Eins der ersteren wurde für 23 Gulden 15 Stüber verkauft, also nach dem Gewichte, wie Harting als curiosum berichtet! Das Paar der messingnen Mikroskope erzielte 15 Stüber bis 3 Gulden, der silbernen 2 bis 7 Gulden. Im Ganzen wurden 737 Gulden 3 Stüber gelöst! Aus dem Umstande, dass bei zwei Mikroskopen angegeben ist, dass sie 2, ein drittes gar 3 Gläser gehabt haben, schliesst Harting, dass Leeuwenhoek auch Doublets und Triplets verfertigt zu haben scheint. Ob die Angabe des Harting'schen Auktionskataloges darauf zu beziehen ist, halte ich für fraglich, denn Leeuwenhoek machte auch Mikroskope mit zwei Linsen neben einander, wie uns von Uffenbach (s. Lit.-Verz.) in seinem interessanten Reisebericht mittheilt. Dieser wissbegierige Frankfurter Patrizier — übrigens in mikroskopischen Dingen ein Laie — besuchte am 4. Dezember 1710 den 80jährigen Leeuwenhoek in Delft und giebt uns (S. 347 l. c.) eine ergötzliche Schilderung seiner Bekanntschaft mit dem „guten resp. wunderlichen alten Mann“. Leeuwenhoek führte sein Kabinetsstück vor, die Beobachtung des Blutkreislaufes im Schwanz des Aales (vgl. unten Brief 66); er zeigte Präparate von Muscheln u. a. m. Die dabei benutzten Mikroskope bildete Uffenbach ab. Ich gebe seine Figuren in geringem Grade verkleinert, sonst aber ganz unverändert wieder. Fig. 8 ist das Instrument, mit welchem der Blutkreislauf im Fischschwanz demonstriert wurde. Links A ist die Mikroskop- und rechts B die Präparaten-

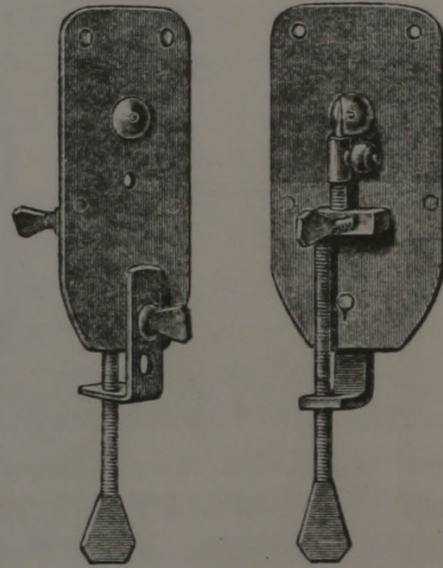


Fig. 7. Vorder- und Rückseite eines Mikroskopes von Leeuwenhoek nach v. Heurck.

¹⁾ van Heurck, le microscope, p. 288.

seite. Bei e ist die zwischen zwei kleinen Metallplatten montirte Linse, welche an dem Griffe d d unter Führung des Lineals c c beliebig auf der in den Rahmen b b eingeschobenen feinen Glastafel a a verschoben werden kann. Die Einstellung des Fokus geschieht durch die Schraube bei d. Auf der anderen Seite der Glastafel wurde durch die Klemme f der kleine Fisch festgehalten. Uffenbach berichtet: „Die Maschine ist simpel, gross und nicht bequem“, ca. 1 Schuh lang, $\frac{1}{2}$ Schuh breit, von Messing. Sie wird mit der Mikroskopseite auf

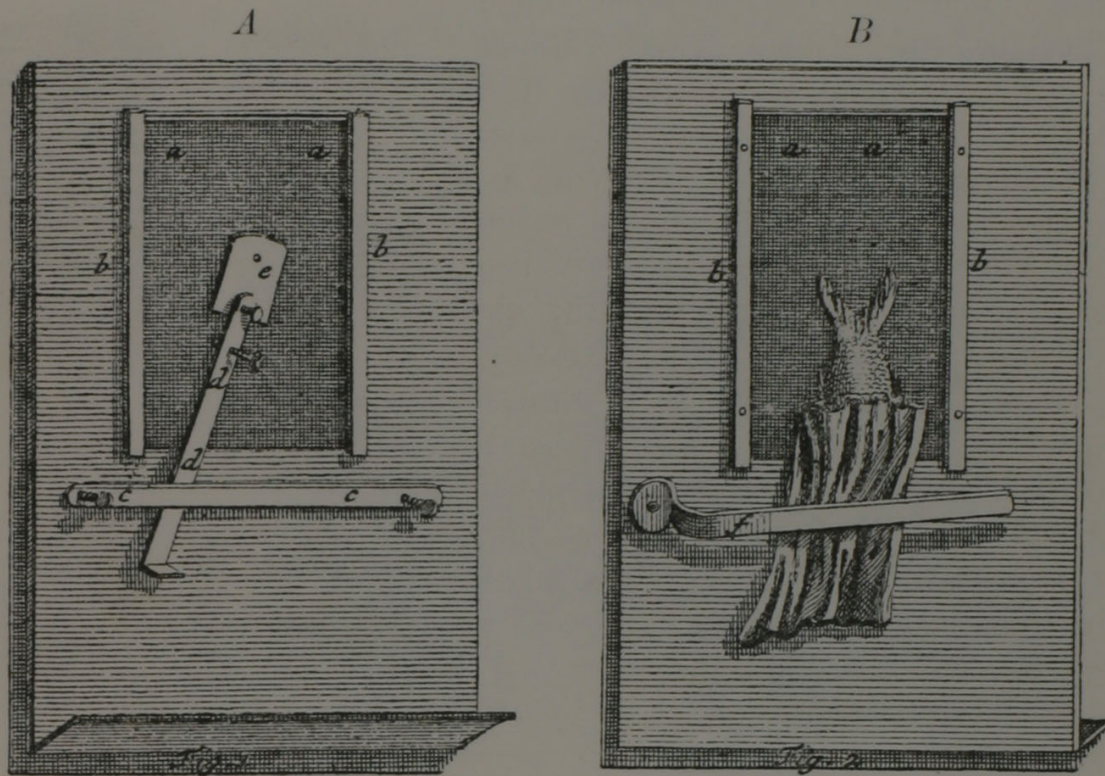


Fig. 8.

Augenseite
eines Mikroskops von Leeuwenhoek zur Demonstration des Blutkreislaufs im Fischschwanz
nach Uffenbach. Objektseite

die Stirne gelegt, und man sieht „so durch das kleine Gläschen in die Höhe, welches lange Aufsehen zuletzt verdriesslich fällt“. Ein anderes Leeuwenhoek'sches Mikroskop mit zwei Linsen nebeneinander in natürlicher Grösse (hier etwas verkleinert) ebenfalls aus dem Reisebericht des Herrn von Uffenbach zeigt Fig. 9. A ist die Präparaten- und B die vor das Auge zu haltende Linsenseite. Die beiden Linsen stecken in den Löchern bei a a; durch die Schraube f können die Objektklemmen in verschiedener Höhe festgestellt werden. Der Fokaleinstellung dienen die Schrauben e e. Leeuwenhoek zeigte dem Herrn von Uffenbach verschiedene Objekte, und zwar jedes an einem anderen Mikroskop. Uffenbach (s. Lit.) sah in Leeuwenhoeks Kabinet „wohl ein Duzend lackirter Kästgen, und in diesen wohl anderthalbhundert obvermeldeter kleiner Futterälgen, in deren jedem zwei solcher Mikroskopen von der kleinen Sorte“, die

er auf Befragen nur für den eigenen Gebrauch bereitet hatte. Er erklärte, dass seine Linsen möglichst dünn und bikonvex seien; die geblasenen Kugeln taugten nichts. „Er hatte auch einige Mikroskope mit doppelten Gläsern, die, ob sie gleich doppelt und inwendig nach ihrer behörigen Distanz, vermuthlich durch eine laminam separirt waren, dennoch nicht viel dicker als die einfachen waren. Ob nun diese wohl gar mühsam zu machen sind, so sind sie doch nicht viel besser als die einfachen, ausser dass sie nur ein wenig, wie Herr Leeuwenhoek selbst gestunde, mehr vergrössern“. ¹⁾ Auch geblasene Gläser könne er machen, die aber nicht rund wären. Er zeigte auch seine Maschinen zum Schleifen. Uffenbach nennt die Leeuwen-

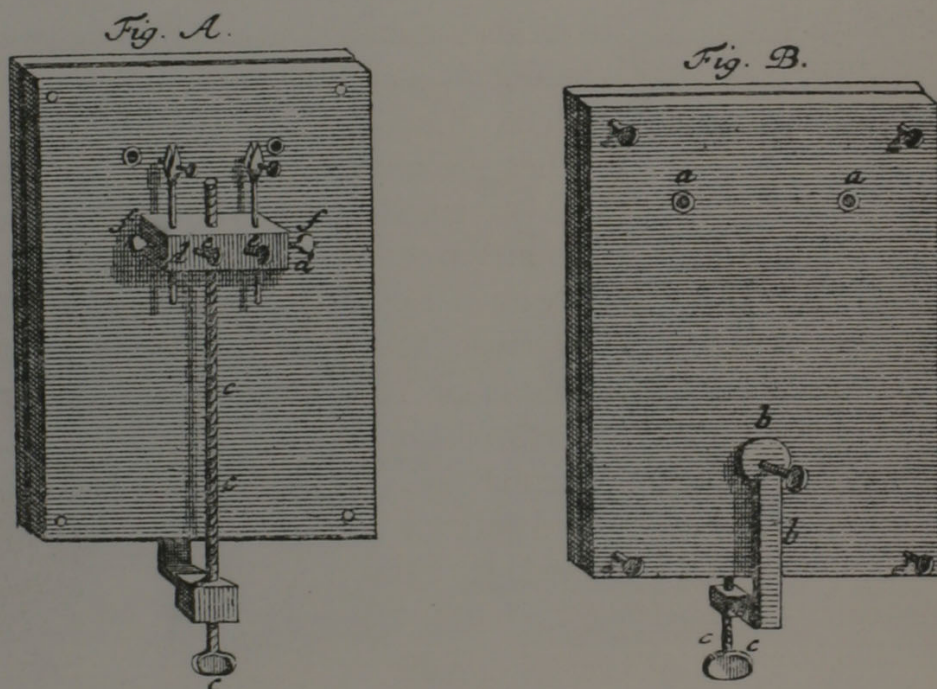


Fig. 9. Objektseite und Augenseite eines Leeuwenhoek'schen Mikroskopes mit 2 Linsen nebeneinander nach Uffenbach.

hoek'schen Mikroskope simpel und schlecht gearbeitet, meist unförmlich und das Silber nicht einmal sauber gefeilt.

Trotz dieser etwas ungünstigen Kritik wird die Nachwelt angesichts der zahlreichen vorzüglichen Beobachtungen, die Leeuwenhoek mit seinen unvollkommenen Instrumenten gemacht hat, ihm ihre Anerkennung nicht versagen. Vieles, was er als eigene, neue Entdeckung pries, war vor ihm von Anderen schon gesehen worden, gar Manches beobachtete er aber zuerst, und wusste es durch vorzügliche Abbildungen der Nachwelt zu überliefern. Er besass bis an sein Lebensende einen staunenswerthen Forschertrieb, untersuchte Alles, was er vor seine Mikroskope bringen konnte, allerdings ohne viel nach System oder inneren Zusammenhang der Gegenstände zu fragen.

¹⁾ Ob man aus dieser Angabe schliessen darf, Leeuwenhoek habe doch Doublets gemacht, scheint mir fraglich.

Dabei verstand er es, wahrhaft objektiv und kritisch zu bleiben und sich vor sanguinischen Trugschlüssen zu bewahren. Um die zeitgenössische mikroskopische Fachliteratur kümmerte er sich nur gelegentlich, und zwar meist nur gezwungen im Interesse der Polemik.

Leeuwenhoek passte seine Mikroskope dem jeweiligen Zweck an. Fast ausschliesslich untersuchte er im durchfallenden Licht



Fig. 10. Allegorische Figur von einem Titel-Kupfer, zeigend, wie Leeuwenhoek's Mikroskope gehalten wurden.

und hielt das Mikroskop mit dem daran zweckentsprechend befestigten und eingestellten Objekt gegen die Lichtquelle. Die Titelpuffer zum ersten und fünften Bande seiner gesammelten Werke zeigen uns, wie seine Mikroskope gehalten wurden. Fig. 10 ist die Wiedergabe der betreffenden Figur auf dem Titelbild des V. Bandes. Das Instrument, welches die allegorische Person vor das Auge hält, ist ein Leeuwenhoek'sches Mikroskop mit dem berühmten Beleuchtungsspiegel.¹⁾ Fig. 11 ist das betreffende Mikro-

skop (a Objekt-, b Augenseite) selbst. Die Abbildung ist von Leeuwenhoek, dem 66. Brief vom 12. Januar 1689 entnommen. Dieser Brief enthält die ausführliche Beschreibung seines schon erwähnten Kabinetstückchens, die Demonstration des Blutkreislaufes in der Schwanzflosse des Aals. Für diese Beobachtung hatte er sich das in Fig. 12 abgebildete Instrument hergerichtet, dessen Herstellung in dem Briefe umständlichst mitgeteilt wird. Der Aal kam in die gläserne Röhre d, welche in der Weise, wie die Fig. c es zeigt, in der richtigen Höhe in das Gestell a eingeklemmt wurde. Das Mikroskop b wurde bei 2 (F) an dem Gestell angeschraubt. Seine Einstellung vermittelte die Schraube bei 3 (H). Das vorerwähnte Mikroskop mit Beleuchtungsspiegel war für ein anderes Gestell zur Beobachtung des Aalblutkreislaufes bestimmt, dessen Abbildung Leeuwenhoek nicht giebt.

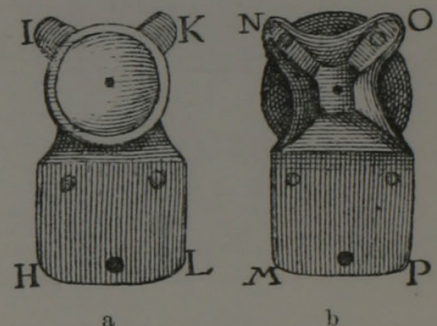


Fig. 11. Objekt- und Augenseite des Leeuwenhoek'schen Mikroskopes, welches die Person in Fig. 10 vor das Auge hält, mit Spiegelchen für auffallendes Licht (Leeuwenhoek's Spiegel).

Nach Harting führte der schon erwähnte Auktionskatalog acht silberne und vier messingne derartige Apparate auf. Der kleine Be-

¹⁾ Der kleine vor die Linse gelöthete Beleuchtungsapparat bestand aus einem kupfernen Schlüsselchen, „kommetje“, und bezweckte „om dat het oog de voorwerpen te beter soude sien.“

leuchtungsspiegel, welcher ganz dem von Descartes in Fig. 1 angegebenen entspricht, hat nach Priestley (s. Lit.) vermuthlich auch Lieberkühn zur Konstruktion seines Hohlspiegels verholffen.

Wann Leeuwenhoek angefangen hat zu mikroskopiren, wissen wir nicht. Seine Beobachtungen waren der Ausfluss reiner Wiss-

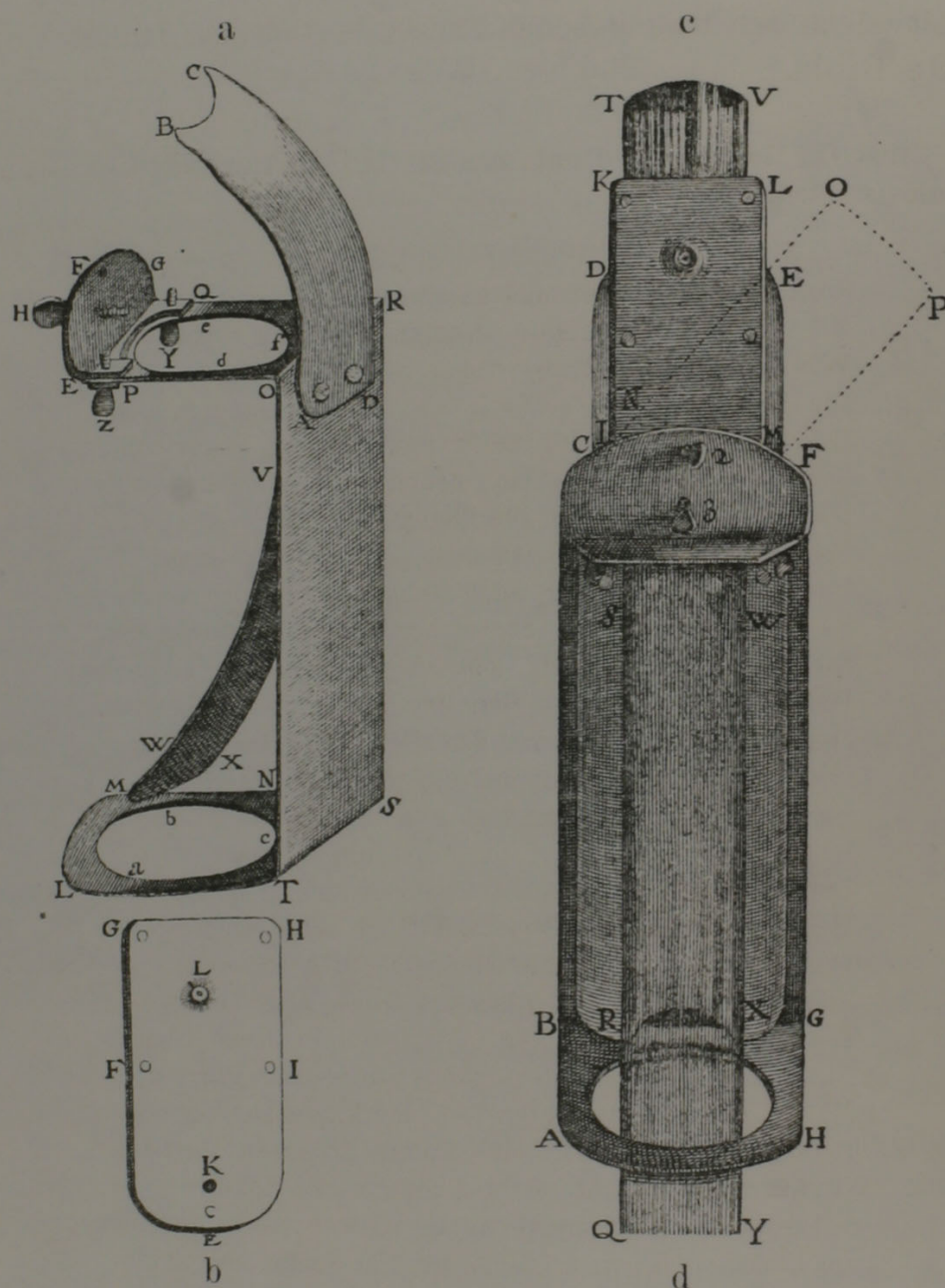


Fig. 12. Leeuwenhoek's Vorrichtung zur Beobachtung des Blutkreislaufs in der Schwanzflosse des Aales.

begier, und anfangs gar nicht für die Oeffentlichkeit bestimmt. Erst im Alter von 41 Jahren fing er an, der Königl. wissenschaftlichen Gesellschaft zu London seine Mittheilungen zu machen, und setzte dieselben fort bis kurz vor seinem im 91. Lebensjahre erfolgten Tod. Mithin erstreckte sich seine literarische Thätigkeit auf die Zeit eines halben Jahrhunderts, von 1673 bis 1723. In späteren Jahren

wurde Leeuwenhoek auch vielfach als Sachverständiger zur Erstattung von Gutachten in Anspruch genommen. Nach Bezahlungen sowie äusseren Anerkennungen für seine Leistungen war er nicht aus. Trotzdem wurden ihm zahlreiche Ehrenbezeugungen in Form von Medaillen, Pokalen etc. zu Theil. Auch wurde er besungen von den holländischen Dichtern Poot¹⁾, Hoogvliet und P. Rabus²⁾. Sein Portrait (siehe den beigegebenen Facsimile-Abdruck) malten Verkolje und De Blois.

¹⁾ Hier ein Gedicht von Poot, das sich im VII. Theil von Leeuwenhoek's „Sendbrieven“ findet:

„Durch welche Wunder doch allhier die Welt bestehet!“
 Sprach Leeuwenhoek und guckte durch sein Schauglas klar
 Mit eines Linceus Auge: „Kommet her und sehet,
 Was noch in Finsterniss bisher begraben war.“ —
 Die Feder musst an's Werk, und was er hat gefunden,
 Das bleibt in Ewigkeit, trotz Schwert und Feuer schier.
 Schaut Alexander aus nach neuen Weltenrunden,
 Hier findet eine er im allerkleinsten Thier.
 Die Briefe wunderbar von dem Geschöpfe sprechen,
 Das Federn oder Haar, auch Schuppen, Schalen trägt;
 Es wird der Walfisch, der in nord'schen Wasserflächen,
 Ein schwimmend Eiland, lebt, wie auch der Krebs zerlegt.
 Und von dem geh'nden Berg im heissen Mittagslande,
 Dem grossen Elefant, vor dem Held Hannibal
 Den Tiber weichen sah und steigen hoch am Rande,
 Bis zum Ameisennest zerlegt er's Weltenall.
 Im kühnen Fluge selbst der Adler nimmermehr
 Empor zum Himmel strebt so sicher und so hoch;
 Denn Leeuwenhoek's Verstand fliegt höher noch als er,
 Des stolzen Adlers Scharfblick übertrifft er noch.
 Sein Geist erspäht die kleinsten Dinge aller Orten,
 Die oft das schärfste Aug' nicht sieht in ihrem Lauf;
 Fürst Salomonis Weisheit klingt aus seinen Worten;
 Manch' gord'schen Knoten löst' der kluge Denker auf.
 Er zeigt die Eigenart von Kräutern, Pflanzen, Saaten
 (Pythagoras' Gericht), sieht einen ganzen Baum,
 Mit Wurzeln reich verseh'n, mit Blättern wohl gerathen,
 Im kleinsten Korn; er fischt aus See und Teichesraum
 Unzähl'ge Wunderthier'. Was sagt ihr zu dem Weisen?
 Wer hätte dies geglaubt, eh' es sein Aug' gesehn!
 Und wer wird nach Verdienst des Mannes Scharfsinn preisen,
 Der überflügelt' Rom und Memphis und Athen?
 Drum, Delft'sche Bürger, preist, so lang ihr weilt auf Erden,
 Hoch neben dem De Groot den Helden weiser That;
 Preist dieses Buch, das nachspürt dem, das Gott liess werden,
 Doch über Alles preist den, der's geschaffen hat!

(H. K. Poot.)

²⁾ Zur sechsten Folge der Briefe des Herrn Antoni van Leeuwenhoek:

Die erste Veröffentlichung Leeuwenhoeks datirt vom 28. April 1673, und wurde von Regnerus de Graaf der royal society mitgetheilt. Leeuwenhoek rühmt darin, er habe Mikroskope verfertigt, welche besser seien als die des Eustachio Divini und Anderer. Als Leistungsbeispiel folgt alsdann die Beschreibung eines zarten Schimmels, der auf Fellen, Fleisch und anderen Dingen ge-

An die Liebhaber der rechtschaffnen Naturgeschichte:

Herbei, Holländer und Genossen!
(Doch fort nur, sklav'sche Thoren Ihr,
Dran Wissenschaft verloren schier!)
Seht, wie der Natur Geheimniss' erschlossen
Uns hat der Delfter, der frei und klar
Erleuchtung gab schon viele Jahr.

Sind Euch die Augen noch verhüllt
Etwa von jenen Zeiten her,
Da Euch der Väter schlaue Lehr'
Das Hirn mit Aberwitz erfüllt,
Dass ganz und gar verschnupft Ihr seid
Vom alten Wahn, der Pest der Zeit?

Schaut jetzo! Hier ist viel zu sehn!
Der kluge Leeuwenhoek hat's Glas,
Zu zeigen, was unsichtbar was.
Nichts kann dem Adleraug' entgehn;
Es dringt in alle Tiefen ein,
Kennt Thiere, Pflanzen, Saat und Stein.

Aufklärung lasst von ihm Euch geben:
Es zeugt, wie er uns offenbart,
Jedwed' Geschöpf nur seine Art.
So heischt es das Gesetz vom Leben,
Von Gott für Thier- und Pflanzenwelt
Ganz unumstösslich festgestellt.

Nicht aus dem Unrath wird's, o Wunder!
Das zeigt das aller kleinste Tier
In Wasser oder Erde hier.
Verwerft den aberwitz'gen Plunder!
Es rettet nur vor dem Verfall
Die Zeugungskraft das ganze All.

Und, der Verborg'nes Du kannst sehen,
Dem klar des Erdballs dunkle Spur,
Lass klaffen doch die Dummen nur;
Lass Dir die Lust drum nicht vergehen.
Auf, führ' uns in Dein Wissen ein!
Blind bleibe nur, wer blind will sein!

1696.

P. Rabus.

(Die Uebertragung ins Deutsche hat in dankenswerther Bereitwilligkeit die Schwester des Verfassers, Frl. Anna Petri, angefertigt.)

wachsen war¹⁾, sowie Beobachtungen über den Bienenstachel, über das Bienenauge und über eine Laus. In einer zweiten Mittheilung²⁾ folgt eine Tafel mit Abbildungen zu den Angaben des ersten Briefes über die Biene. Diese Mittheilung enthält auch die Angabe, dass Leeuwenhoek seine Briefe holländisch schrieb, und dieselben erst ins Englische übertragen wurden. Von 1673 ab schrieb Leeuwenhoek zahlreiche Briefe an die Londoner wissenschaftliche Gesellschaft in holländischer Sprache; er hielt sich auch einen Uebersetzer, der sein Manuskript ins Lateinische übertrug (vergl. unten die Briefe und Philos. Trans. vol. XXXII, pag. 435). Für die Verhandlungen der Gesellschaft wurden die Briefe ins Englische übertragen (iterum, nach Halbertsma, also aus dem Lateinischen), einige, die in lateinischer Sprache mitgetheilt wurden, ausgenommen. Die von Leeuwenhoek selbst besorgte Ausgabe seiner Briefe (alle seine Mittheilungen sind in diese Form gekleidet) in holländischer Sprache begann 1679. Sein wissenschaftlicher Briefwechsel dauerte im Allgemeinen 44 Jahre. Der Brief vom 20. November 1717 sollte sein letzter sein, war es aber nicht, denn in den Verhandlungen der Gesellschaft sind noch jüngere, so vom 31. Mai 1723 und (nach seinem Tode veröffentlicht) vom 1. September 1723.³⁾ Er schrieb der Gesellschaft im Ganzen 120 Briefe, die in den Philos. transact. vol. VIII bis XXXII stehen. Ausserdem schrieb er noch 75 Briefe an hochgestellte Personen, Gelehrte, Behörden etc. Alle diese vom 25. April 1679 bis zum 20. November 1717 verfassten Briefe hat er in der holländischen Ausgabe selbst veröffentlicht. Die 27 früheren Briefe fehlen in den gesammelten Werken. Dieselben beginnen mit No. 18 und schliessen mit No. 146; dann folgen noch 46 „Sendbrieven“.⁴⁾ Die holländische Ausgabe umfasst vier ansehnliche Quartbände und ist vollständiger als die zwei Jahre später erschienene drei Bände starke lateinische Ausgabe. Zur Illustration wurden für

¹⁾ Der ursprüngliche Brief Leeuwenhoeks ist mir nicht bekannt, sondern nur die englische auszügliche Mittheilung de Graaf's. Der auf den Schimmel bezügliche Passus lautet: But I do observe such mould to shoot up first with a straight transparent stalk, in which stalk is driven up a globous substance, which for the most part places it self at the top of the stalk, and is follow'd by another globul driving out the first either side-ways or at the top, and that is succeeded by a third and more such globuls; all which make up at last one great knob on the stalk an hundred times thicker than the stalk it self. And this knob indeed consists of nothing else than of many small roundish knobs, which being multiplied, the big knob begins to burst asunder, and then represents a kind of blossoms with leaves. — Philosophical Transactions, VIII., S. 6037.

²⁾ l. c. S. 6116 u. f.

³⁾ Philosoph. Transact. Vol. XXXII., p. 400 und 436.

⁴⁾ Vergl. Haller, bibliotheca anatomica Tome 1, p. 611 (nach Halbertsma).

beide dieselben Platten benutzt. Bezüglich der Titel und weiterer Einzelheiten verweise ich auf das Literaturverzeichniss.¹⁾

Im Folgenden gebe ich eine kurzgefasste Zusammenstellung derjenigen Briefe Leeuwenhoeks, welche für den Bakteriologen ein besonderes Interesse darbieten. Zuvor noch die Notiz, dass die Briefe bei verschiedenen Druckern und Verlegern erschienen. Einer derselben, Daniel von Gaesbeek, der 1684 einen Theil derselben herausgab, wurde durch den geleerden medecyn meester Cornelius van 's Gravesande mit Leeuwenhoek in Verbindung gebracht, welcher ihm seine Originalmanuskripte zur Veröffentlichung übergab. Die Abbildungen wurden von der kunstfertigen Hand des plaatsnijders Abraham de Blois zu Delft verfertigt. Der Verleger sagt an der betreffenden Stelle:

Deese (Brieven) waar in soo bysondere wonderheden waren aan te schouwen, dagten my te waardig, om niet aan alle onse Landsgenooten in haar eigen Taal (door hulp van dien vornoemden Heer (v. Gravesande) en mijn Druk-pers mitsgaders de konstige hand des Plaat-snijders Abraham de Blois tot Delft) sigtbaar voor te stellen; als zijnde een Grond-steen, waar op alle wijsgeerige en doordringende verstanden voort bouwen, en haare wetenschappen verder verklaren. — Etwas weiter unten wendet er sich an Leeuwenhoek selbst, und bittet ihn um geneigte Aufnahme dieser seiner „eerstelingen, die dan een Engels, dan een Frans, en dan wederom een oud Rooms hulsel zijn opgezet en daar door veel van haar eygen wesen en luyster hebben verloren, en nu eerst het ligt in haar eygen Vaderland komen te aanschouwen“ etc. (1. Jan. 1684.)

Aus den Philosophical Transactions:

1. Mittheilung: (l. c. VIII. S. 6037) A specimen of some observations made by a Microscope, contrived by M. Leewenhoeck in Holland, lately communicated by Dr. Regnerus de Graaf. Brief vom 28. April **1673** (vergl. oben).

2. Mittheilung: (l. c. S. 6116 u. f.) vergl. oben.

3. Mittheilung: Briefe vom 15. August **1673** und 7. April **1674** (l. c. Bd. IX. S. 23). Untersuchungen über Blut, Milch, Haare u. a. m.

4. Mittheilung: (l. c. S. 121 u. f.) Microscopical observations from M. Leeuwenhoeck, concerning blood, milk, Bones, the brain, Spittle, and cuticula etc. communicated by the said observer to the publisher in a Letter dated June 1. **1674**. — Die Beobachtung bringt den Beweis, dass die rothen Blutkörperchen schwerer sind als das Plasma. Dann folgt in No. 2 seine Methodik der Blutuntersuchung, worüber an anderer Stelle das Nähere.

5. Mittheilung: (l. c. S. 178 u. f.) Brief vom 7. September **1674**. Bringt zuerst Beobachtungen über die Histologie des Kuh-eyes (Schneiden des Glaskörpers etc.), der Nerven, über diverse Erdsorten, Porzellanerden und zum Schluss Einiges über den „Honig-

¹⁾ Nach einer Angabe des Druckers Gaesbeek erschienen auch einige Briefe (lateinisch übersetzt) in den ephemerides eruditorum, aber „dikwijls qualijk overgeset“.

thau“. Er fand nach mehrtägigem Stehen darin allerhand Thierchen, die sich zum Theil sehr lebhaft bewegten; einige hatten am Kopf zwei „Beine“ und am anderen Ende zwei dünne Finnen.

Aus der holländischen Originalausgabe seiner Werke:

Brief vom 4. November 1681¹⁾ handelt u. a. vande levende Dierkens inde Excrementen. Aus den von Leeuwenhoek l. c. Bd. 1. S. 9 u. ff. gemachten Angaben geht hervor, dass er in seinen Entleerungen bei Durchfall allerhand kleine Gebilde gesehen hat, die, nach seiner Beschreibung zu urtheilen, wahrscheinlich Bakterien waren, nämlich:

1. Kügelchen, von denen ca. 36 auf die Grösse eines rothen Blutkörperchen kamen.

2. Lebhaft bewegliche Organismen, die etwas grösser oder kleiner als ein Blutkörperchen, länger als breit waren und sich vermittelst „Füssen“ fortbewegten.

3. Mikroorganismen von der Gestalt der Flussaale, (die de figuur hadde van onse rivier-alen, in der von Loeffler citirten latein. Uebersetzung „habentia figuram ad instar anquillarum in fluminibus nostris“) in sehr grosser Menge und so klein, dass 5—600, der Länge nach aneinander gelegt, noch nicht die Länge eines Essigälchen erreichten. Er sagt von ihnen „dese hadde een seer vardige beweginge en bogen haar lighamen slang gewys, en schooten door de materi soo vaardig als een snoek door het water“. Also höchst wahrscheinlich Spirillen oder Vibrionen.

4. Noch andere, von den beschriebenen sich unterscheidende Formen, „Thierchen“, die 200mal kleiner waren als Blutkörperchen, d. h. ihre Länge verhielt sich zum Durchmesser der Blutkörperchen wie 1 : 6. Er berichtet: Ich muss sagen, dass ich verschiedene Male geurtheilt habe, dass ich in einem Stückchen so gross wie ein grobes Sandkorn von dieser Materie mehr als 1000 lebende Thierchen, und dies von 3 bis 4 Sorten, mit grossem Vergnügen habe durcheinander wimmeln sehn, ja in solcher Weise, dass man wohl geurtheilt haben würde, dass die ganze Materie aus nichts Anderem zu bestehen schien, als aus lebenden Thierchen“ — und weiter, was für L.'s Ansichten über die Rolle dieser „Thierchen“ im menschlichen Körper, sowie über ihre Herkunft von besonderem Interesse ist: „wer dies hört, dürfte sich vielleicht einbilden, dass diese Thierchen ihrer ausnehmenden Kleinheit wegen wohl ganz gut in unser Blut übertreten könnten; ich dagegen stelle mir vor, dass die Gefässe, welche das Material, aus denen Blut, Fett etc. gemacht wird, aufnehmen, so klein sind, oder durch eine so enge Passage müssen, dass solch' ein kleines Thierchen, selbst wenn es bis mehr als tausendmal verkleinert wird,

¹⁾ Das Original desjenigen Briefes, von dem Löffler (l. c. S. 7) als vom Jahr 1687 berichtet (lateinische Uebersetzung).

dennoch wegen seiner Grösse nicht durchpassiren kann.“ Waren seine Exkremente von normaler Beschaffenheit, so konnte er diese Thierchen darin nicht finden, wohl aber einige Male wider sein Erwarten, als sein Stuhl etwas dünner war. In den Exkrementen von Kühen und Pferden fand er die Thierchen auch nicht, ebensowenig in denen von Hühnern, wohl aber im Taubenmist.

Brief vom 14. Juni 1680. — Daraus ersichtlich, dass er am 13. Mai 1680 an den Herrn Thomas Gale das Dankschreiben für seine Ernennung zum Mitglied der royal society abgesandt hat, ferner Mittheilungen: 1. Ueber die Bierhefe, mit Abbildungen. Es gelang Leeuwenhoek nicht, den Ursprung der Hefe zu entdecken. 2. Ueber die im Aufguss von Pfeffer entstehenden Thierchen.

Brief vom 12. September 1683. Dieser interessante Brief ist gerichtet an Myn Heer François Aston, Esquire, Secretaris of the Royall Society ad Gresham colledge, a London, und handelt u. a. van de levende diertjens tusschen onse kies en tanden. Er bringt auf S. 3 die bekannte in Fig. 13 hier wiedergegebene erste, zweifellose Abbildung von Bakterien.

Ich gestatte mir den auf die Bakterien bezüglichen Theil dieses Briefes in der Uebersetzung hier einzuschalten:

„Schon früher habe ich meine Beobachtungen über den Speichel niedergeschrieben; wie ich gesehen, sind dieselben in den von Herrn Robert Hooke, Sekretär der Kgl. Gesellschaft im Jahre 1678 herausgegebenen Lectures and Collections abgedruckt. Seitdem habe ich wieder verschiedene Beobachtungen über meinen Speichel angestellt in der Voraussicht, dass einige der Thierchen, falls sie im Körper verbreitet liegen, zu der einen oder anderen Zeit durch die Speichelgefässe (quylvaten) in den Mund gebracht werden würden; trotz aller Beobachtungen habe ich aber keine Thierchen darin gefunden; ich kann daher nichts Anderes darüber besagen, als was ich früher geschrieben habe.

Meine Gewohnheit ist, des Morgens die Zähne mit Salz abzureiben, dann den Mund mit Wasser auszuspülen und wenn ich gegessen habe, die Backzähne wiederholt mit dem Zahnstocher zu reinigen, sowie mit einem Tuch stark abzureiben, wodurch meine Back- und anderen Zähne so sauber und weiss bleiben, wie sie nur wenige Leute von meinen Jahren besitzen; auch fängt mein Zahnfleisch, mag ich es auch mit noch so hartem Salz reiben, nicht an zu bluten. Trotzdem sind meine Zähne nicht so rein, dass nicht (wenn ich dieselben mit dem Mikroskop untersuchte) dennoch zwischen einigen der Back- und Vorderzähne ein wenig weisse Materie von der Dicke eines Mehlanfluges sitzen bleibt oder wächst. Obschon ich bei der Untersuchung derselben Eigenbewegung darin nicht erkennen konnte, glaubte ich doch, dass lebende Thierchen darinnen wären. Ferner habe ich dasselbe Material verschiedene Male mit reinem Regenwasser, in welchem keine Thierchen waren, vermischt, desgleichen mit Speichel aus meinem Mund, nachdem ich denselben von den

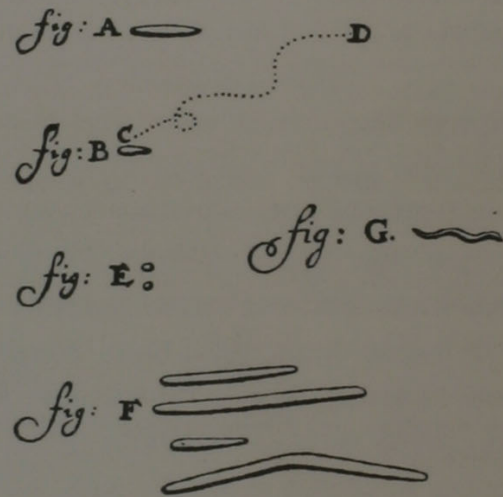


Fig. 13.
„levende dierkens“ aus der Mundhöhle (Speichel) des Menschen; die ersten Abbildungen von Bakterien nach Leeuwenhoek, 1683.

Luftbläschen befreit hatte, damit letztere keine Bewegung hervorbringen konnten mit grosser Verwunderung habe ich nun gesehen, dass fast überall in der vorerwähnten Materie viele, sehr kleine Thierchen sich befanden, die sich sehr ergötzlich (aardig) bewegten. Die grösste Art war ähnlich der Fig. A. Sie (d. h. diese Art Thierchen) zeigten eine sehr starke und gewandte Bewegung und schossen durch das Wasser oder den Speichel wie ein Hecht durch das Wasser; an Zahl waren diese fast überall nur gering. Die zweite Art hatte die Form von Fig. B. Diese drehten sich häufig herum wie ein Kreisel, und beschrieben ab und zu eine Bahn, wie in C und D angedeutet ist; an Zahl waren sie viel reichlicher.

An der dritten Art konnte ich eine Form nicht erkennen, denn das eine Mal erschienen sie länglich rund, das andere Mal vollkommen rund. Sie waren so klein, dass sie nicht grösser erschienen als Fig. E und hatten dabei eine so schnelle, gewandte Bewegung, dass sie in einer Weise durcheinander schwärmten, um auf uns den Eindruck einer grossen Anzahl von Mücken und Fliegen zu machen, die wir durcheinander fliegen sehen. Diese letzterwähnten (Thierchen) haben auf mich wohl den Eindruck gemacht, dass ich ihre Zahl auf einige Tausende abschätzte in einem mit der erwähnten Materie vermischten Quantum von Wasser oder Speichel, welches nicht grösser als ein Sandkorn war, obgleich neun Theile Wasser oder Speichel auf nur einen Theil der zwischen meinen Vorder- oder Backzähnen hervorgeholten Materie kamen. Ferner bestand die Hauptmasse der Materie aus einer übergrossen Menge von Streifen (Strichelchen, striemtgens), in der Länge zwar untereinander sehr verschieden, aber doch von ein und derselben Dicke; die Einen krummgebogen, die Andern gerade, wie Fig. F, ungeordnet durcheinander liegend. Da ich nun früher Thierchen von demselben Aussehen im Wasser lebendig gesehen, habe ich mir alle Mühe gegeben, zu erkennen, ob in ihnen Leben war; ich habe aber nicht die geringste Bewegung daran wahrgenommen, die einigermaßen nach Leben aussah.

Auch habe ich Speichel aus dem Munde zweier Frauenspersonen entnommen, die ihren Mund, wie ich sicher weiss, täglich reinigen; trotz thunlichst gründlicher Untersuchung konnte ich auch darin lebende Thierchen nicht auffinden; darauf vereinigte ich den Speichel mit etwas weisser Materie, die ich mittelst einer Nadel zwischen ihren Zähnen hervorgeholt hatte und fand darin gleichfalls ebenso viele lebende Thierchen neben den langen Theilchen, wie zuvor mitgetheilt. Ferner habe ich den Speichel eines etwa achtjährigen Kindes untersucht und darin auch keine lebenden Thierchen finden können; in demselben Speichel, vermischte mit Materie, entnommen zwischen den Zähnen des Kindes, fand ich wieder eine ebenso grosse Zahl Thierchen und andere Theilchen, wie vorerwähnt. Ich habe meinen Mund absichtlich drei Tage lang nicht gereinigt und alsdann die Materie entnommen, die in geringer Menge oben am Zahnfleisch der Schneidezähne sitzen geblieben war, mit Speichel und mit reinem Regenwasser vermischte und darin auch einige wenige lebende Thierchen gefunden. Als ein alter Mann mit mir sprach, der ein einfaches Leben führt, und niemals Branntwein oder Tabak braucht, und sehr selten Wein trinkt, fiel mein Blick auf seine Vorderzähne, die sehr bewachsen waren; das veranlasste mich zu der Frage, wann er seinen Mund zuletzt gereinigt hätte? Ich bekam zur Antwort, dass er in seinem Leben den Mund noch nicht gewaschen hätte; ich nahm dann Speichel aus seinem Mund, untersuchte ihn, konnte aber darin nichts anderes entdecken als an dem Speichel von mir und Anderen. Ferner vermischte ich die Materie, die an und zwischen seinen Zähnen sass sowohl mit reinem Regenwasser, in dem keine Thierchen waren, als auch mit seinem Speichel und fand eine unglaublich grosse Zahl lebender Thierchen, die hurtiger im Schwimmen waren, als ich bis dahin gesehen; die grösste Art, der Zahl nach in sehr reichlicher Menge, krümmten bei der Vorwärtsbewegung ihre Leiber wie Fig. G. Ferner waren die Andern Thiere in übergrosser Anzahl vorhanden, dass das ganze Wasser, obschon demselben nur sehr wenig der von den Zähnen entnommenen Materie beigemischt war, zu leben schien. Auch die langen, vorerwähnten Theilchen waren hier in reichlicher Menge vorhanden. Auch habe ich Speichel und weisse Materie entnommen, die an und zwischen den Zähnen eines alten Mannes sass, der daran gewöhnt ist, des Morgens Branntwein und des Nachmittags Wein zu trinken und Tabak zu rauchen, in dem Gedanken, ob wohl die Thierchen bei dem erwähnten, fortwährenden Trinken am Leben bleiben könnten. Ich vermuthete, dass der Mann, weil seine Zähne auch ungemein faulig waren, seinen Mund nicht reinigte; ich fragte ihn dieserhalb und bekam zur Antwort: Nie in meinem Leben mit Wasser, aber wohl alle Tage mittelst Durchlaufenlassen eines Glases Wein oder Branntwein. Trotzdem konnte ich im Speichel desselben nichts entdecken, was sich von dem bei anderem Speichel unterschied; desgleichen vermischte ich seinen Speichel mit der

Materie, die an den Zähnen sass und fand darin nur sehr wenige der mehrfach vorerwähnten kleinsten Art von lebenden Thierchen; dagegen fand ich in der Materie, die ich zwischen den Schneidezähnen hervorholte (Backzähne hatte er nicht mehr im Munde), viel mehr kleine Thierchen, die aus zwei der kleinsten Sorten bestanden.

„Ferner habe ich in meinen Mund starken Weinessig genommen, die Zähne auf einander gehalten und den Essig vielmals hindurchlaufen lassen; darauf spülte ich meinen Mund wieder dreimal mit reinem Wasser aus, entnahm von der Materie zwischen Schneide- und Backzähnen, vermischte dieselbe sowohl mit Speichel als mit reinem Regenwasser und fand darin zwar fast überall eine unbegreifliche Anzahl lebender Thierchen, am meisten aber in der Materie zwischen den Backzähnen, allerdings nur wenige von der Form der Fig. A. Ich habe auch etwas Essig direkt in das Gemenge von Wasser und Speichel (mit der Materie) gebracht, wovon die Thierchen sofort abstarben. Hieraus schliesse ich, dass der Essig, als ich ihn im Munde hatte, nicht durch die ganze, fest an den Schneide- und Backzähnen sitzende Materie durchgedrungen ist, sondern diejenigen Thierchen getödtet hat, die in der äussersten Schicht der weissen Materie vorhanden waren.“

Der Brief erschien in holländischer Sprache 1684 in einem bei Daniel von Gaesbeeck zu Leyden verlegten Bändchen, welches dem VII. Bande der 1886 bei Boutensteyn erschienenen Sammlung der „ontdeckte onsigtbaarheden“ einverleibt ist.

Auch von Charante (s. Lit.) bespricht in Kap. IV seiner Dissertation diesen Brief, und geht näher auf den Leeuwenhoek'schen Befund ein. Er erwähnt zunächst die neueren (1840) Beobachtungen über die „weisse Materie“ von Bühlmann (Müllers Archiv 1840 pag. 442) und Mandl (Journ. de Pharm. et de Chim. 1843, pag. 118) und bestätigt die Ansicht des letzteren, welcher die Aehnlichkeit der Leeuwenhoek'schen Gebilde mit den Bacillarien („Vibrionen“) mit Kalkgerüst hervorhebt. von Charante hält die von Leeuwenhoek gesehenen Thierchen ebenfalls für Bacillarien (1843).

Brief vom 12. November 1680. Ueber die Weinhefe und die Hefen in gärenden Syrupen. Leeuwenhoek entwickelt in diesem Brief recht verständige Ansichten über das Vergären des Zuckers. Dann folgen (S. 28) Mittheilungen über die im Pfefferaufguss gefundenen Thierchen; dabei polemisiert Leeuwenhoek gegen gewisse „heeren in Frankryk“, die seine Thierchen deshalb für Erdichtungen halten, weil sie im Wasser auch nach dem Kochen desselben ihre Beweglichkeit behalten; er sagt, dass dieses keineswegs der Fall ist; dann folgen Angaben bezüglich seiner Zähl- und Mess-Methodik sowie auch über Mikrochemie. Am Schluss dieses inhaltsvollen Briefes bespricht er noch die Wirkung des Schwefels auf den Wein und vertritt die Ansicht, dass die schon fertige Hefe im Wein gar nicht dadurch beeinflusst werde.

Brief vom 16. Juli 1683. Im Darminhalt von Fröschen fand er kleine Thierchen, von denen die kleinsten wohl auch Bakterien gewesen sein werden, vielleicht Spirillen, wenigstens kann man dies nach der Abbildung und der Beschreibung ihrer Bewegungen vermuthen.

In der Einleitung des 1688 erschienenen 2. Bandes der gesammelten Petri, Mikroskop.

melten Briefe steht die Angabe, dass Leeuwenhoek vor dem 25. April 1679 schon 27 Briefe an die royal society geschrieben habe.

59. Brief vom 17. Oktober 1687. Ein „vom Himmel“ herabgefallenes, verbrannt aussehendes Stück Papier erkannte Leeuwenhoek als die vertrocknete Algenfilzdecke von irgend einem stehenden Gewässer. Die Begutachtung gab ihm die Veranlassung, den grünen Ueberzug solcher Gewässer zu mikroskopiren. Er fand darin allerhand bewegliche Thierchen und Gebilde, welche, seiner Abbildung nach, gegliederte Algenfäden waren. (Fig. 14. l. c. S. 119.)

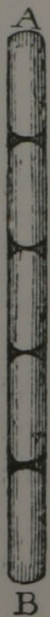


Fig. 14.
Algenfaden
aus dem grünen
Ueberzug eines
stehenden Ge-
wässers, nach
Leeuwen-
hoek, 1687.

66. Brief vom 12. Januar 1689 enthält das oben-erwähnte Kabinetstück Leeuwenhoeks, die Beobachtung des Blutkreislaufes im Fischschwanz (vergl. oben).

75. Brief vom 16. September 1692.¹⁾ Neue Beobachtungen über die weisse Materie zwischen den Zähnen, die früheren Angaben bestätigend. Neben beweglichen aber diesmal auch viele unbewegliche Thierchen gefunden. Hier (S. 512) giebt Leeuwenhoek seine zweite, auch von Löffler reproduzierte Bakterienabbildung (Fig. 15).

Da der Brief bakteriologisch von besonderem Interesse erscheint, mag der betreffende Abschnitt deshalb in Uebersetzung folgen:

„Ich habe in meinem Schreiben vom 12. September 1683 unter Anderem von den lebenden Geschöpfen gesprochen, die sich in dem weissen Stoff befinden, welcher zwischen oder an unseren Vorder- oder Backzähnen sitzt oder wächst. Nach dieser Zeit, vornehmlich seit zwei bis drei Jahren habe ich den Stoff verschiedene Male wieder untersucht, aber zu meiner Verwunderung lebende Geschöpfe darin nicht finden können.

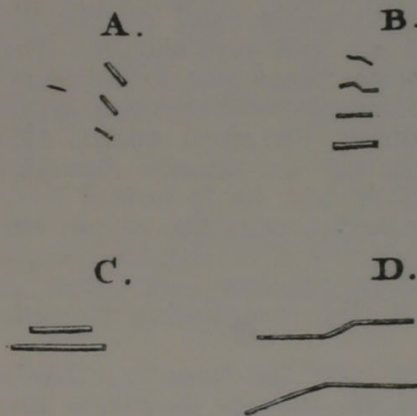


Fig. 15. Stäbchen aus der weissen Materie zwischen den Zähnen. Zweite Bakterien-Abbildung von Leeuwenhoek, 1692.

Da ich selbst mich hierüber nicht befriedigt fühlen konnte, nahm ich mir vor, all mein Können ans Werk zu setzen und so scharf als möglich zu beobachten. Weil ich meine Zähne ungemein rein halte, dadurch, dass ich sie alle Morgen mit Salz reibe und nach dem Essen mehrmals mit einem Federkiel putze, fand ich aussen an den Schneidezähnen nur sehr wenig von dem Stoff sitzen, und in dem, was ich zwischen den Vorderzähnen hervorholte, konnte ich nichts Lebendes entdecken; darauf nahm ich etwas von dem Stoff, der an den vorderen Backzähnen sass; obschon ich wiederholt untersuchte, konnte ich doch erst beim dritten Mal ein bis zwei Thierchen sehen. Dagegen sah ich wohl Thierchen daliegen, die nach meiner festen Ueberzeugung lebende gewesen waren. Ich war erstaunt, da ich doch zu der Zeit, als ich an Ew. Hochwohlgeboren über die

Thierchen schrieb, niemals verfehlte, Leben an den Thierchen zu sehen; trotzdem ich aber jetzt dasselbe Vergrösserungsglas und dieselben Werkzeuge benutzte, die meiner Ansicht nach für die Präparation am passendsten waren, konnte

¹⁾ Löffler, der die lateinische Uebersetzung citirt, datirt diese vom 1. Oktober 1692.

ich lebende Geschöpfe doch nicht erkennen. Nachdem ich dann einige Zeit meine Gedanken mit diesem Gegenstand beschäftigt hatte, fiel mir für das Absterben der Thierchen folgende Ursache ein: Ich trinke meist oder vielmehr immer des Morgens Kaffee, und zwar so heiss, wie ich ihn vertragen kann, so dass ich in Sch weiss gerathe; weiterhin trinke ich selten, nur Mittags und Abends bei der Mahlzeit, und dabei befinde ich mich sehr wohl. Weil nun die an den Schneidezähnen und den vordersten Backzähnen in der weissen Materie sitzenden Thierchen die Hitze des Kaffees nicht vertragen können, werden sie dadurch getödtet! Wie ich ja vielmals gezeigt habe, dass die Thierchen, welche im Wasser sind, durch geringe Erhitzung absterben. Hierauf nahm ich unter Beihilfe eines Vergrösserungsspiegels den Stoff, der an und zwischen den Backzähnen sass, die weiter hinten im Munde standen, woselbst die Hitze des Kaffees nicht so einwirken konnte. Dies Material vermischte ich mit etwas luftblasenfreiem Speichel aus meinem Mund, untersuchte in der gewohnten Weise und erblickte mit derselben Bewunderung wie früher eine unfassbar grosse Zahl kleiner Thierchen, und dies in einer so unbegreiflich kleinen Stoffmenge, dass einer, der das nicht mit eigenen Augen sieht, es nicht wohl glauben wird. Diese Thierchen waren nahezu alle in einer so starken Durcheinander-Bewegung, dass das ganze Material lebendig und in Bewegung zu sein schien. So sorgfältig, als mir dies nur möglich, beobachtete ich die Grösse oder vielmehr die Länge vieler dieser Körperchen und zwar hauptsächlich der kleinen Thierchen, die mir rundlich erschienen. Hernach nahm ich ein Korn Grobsand, von der Sorte Sand, womit hierzulande Zinngeschirr und anderer Hausrath geschauert wird; dies Sandkorn brachte ich vor das Vergrösserungsglas, mit dem ich die Thierchen beobachtet hatte und ich muss in Folge meiner sorgfältigen Abmessung nach dem Augenmaass sagen, dass die Axe des Sandkorns mehr als tausendmal länger war als die Durchmesser eines der kleinen Thierchen, die ich in grosser Menge zu sehen bekam; in Folge dessen war also so ein Sandkorn viel mehr als tausend millionenmal grösser als eins von den vorerwähnten kleinen Thierchen.

Ferner sah ich verschiedene Thierchen, deren Körper ein wenig dicker waren als die ersterwähnten Thierchen; dieselben waren aber wohl fünf- bis sechsmal länger als breit; dabei war ihr Körper gleichmässig breit, so dass ich nicht erkennen konnte, was der Kopf oder der Hinterleib war, und zwar umso weniger, als sie bei ihrem Wegschwimmen, welches sehr langsam geschah und wobei die Fortbewegung allein durch eine geringe Krümmung des Körpers zu geschehen schien, bald das eine, bald das andere Körperende gebrauchten. Diese Thierchen habe ich, wie ich sie zu sehen bekam, in Fig. A. abgebildet.

Ferner sah ich verschiedene Thierchen, die sehr nahe von derselben Länge waren, einige auch ein wenig länger; diese bewegten ihre Körper in grossen Krümmungen, im Verhältniss zu den ersterwähnten Thierchen, und machten mit den Krümmungen eine so schnelle Bewegung, indem sie bald vorwärts bald rückwärts schwammen, ganz besonders aber, indem sie sich der Länge nach umwendeten,¹⁾ dass ich dieselben nicht anders als mit grosser Bewunderung und Vergnügen wieder betrachtete, um so mehr, weil ich sie seit einigen Jahren, wie zuvor gesagt, nicht wiederfinden konnte. Ich beobachtete nämlich nicht nur die schnelle Bewegung ihrer Körper, sondern es wurden auch die kleinen Thierchen, die in grosser Menge rund um jene grösseren umher schwammen, von denselben ungefähr ebenso weggestossen oder getrieben, wie es nach unserer Vorstellung z. B. aussehen würde, wenn ein Weissling oder Nachtfalter in einen Mückenschwarm geräth und die Mücken von seinen Flügeln weggestossen werden. In Fig. B sind diese Thierchen abgebildet.

Dann sah ich noch Thierchen, fast ebenso dick, aber von besonderer Länge; diese bewegten sich so träge, dass ich sie wiederholt für lebende Geschöpfe nicht gehalten habe; erst bei unermüdlicher Beobachtung entdeckte ich, dass sie ihren Körper sehr langsam, und zwar in einer sehr flachen Biegung krümmten und so keine oder nur sehr geringfügige Vorwärtsbewegung zu Wege brachten. Das Aussehen dieser Thierchen habe ich durch Fig. C angedeutet.

Schliesslich sah ich noch Thierchen, ungefähr ebenso dick, aber noch länger

¹⁾ Met haar inde lengte om te wentelen — lateinisch mit *juxta longitudinem se convolventia*, von Loeffler mit: „indem sie sich der Länge nach zusammenrollten“ wiedergegeben; augenscheinlich ist das plötzliche Umwenden der Mikroorganismen gemeint.

als die letzterwähnten; selten sah man zwei derselben von ganz gleicher Länge bei den anderen liegen oder in die Flüssigkeit vortreiben; letztere waren gleichfalls zahlreich, einige gerade, andere wieder gekrümmt, wie in Fig. D angedeutet; je länger übrigens diese Thierchen waren, um so weniger Bewegung oder Leben konnte ich daran bemerken, und obschon ich kein Leben daran erkennen konnte, stellte ich fest, dass es lebende Wesen sind oder gewesen sind, (denn) während sie im Mund an den Zähnen festsassen, haben sie sich dort zahlreich vermehrt.¹⁾

Wir müssen jedoch noch mehr verwundert dastehen, wenn wir bedenken, wie sich alle diese Thierchen bewegen und ihren Platz verändern können in einem so dicken Stoff, wie dieser ist, während er noch an den Zähnen festsitzt, und wie beschwerlich und langsam ihre Bewegung in dem Stoff sein muss, während doch im Gegensatz dazu, wenn dieser Stoff mit Speichel vermenget ist und die Thierchen dadurch in ein flüssiges Medium gelangt sind, viele von ihnen sich wie ausgelassen benehmen und sich unaufhörlich bewegen, so weit das Auge reicht.“

Aus diesem Wortlaut scheint allerdings wohl sicher hervorzugehen, dass Leeuwenhoek auch Vibrionen oder Spirillen gesehen hat, besonders spricht dafür die Stelle „einige gerade, andere wieder gekrümmt“, im Original: waar van eenige regt, en andere weder met een bogt waren“.

76. Brief vom 15. Oktober **1693**. Von besonderem, wenn auch nicht gerade bakteriologischem Interesse. Leeuwenhoek beschreibt darin die Entwicklungsgeschichte des Floh, giebt vorzügliche Abbildungen dazu und greift mit Thatsachen die Theorien über die Entstehung dieser Thiere aus allerhand unbelebter Materie an. Insbesondere wendet er sich dabei gegen seinen gelehrten Zeitgenossen und Mitmikroskopiker Kircher, der in seiner „unterirdischen Welt“ die erwähnten Märchen als wahr bringt.

96. Brief vom 9. November **1695**. (An den Kurfürsten der Pfalz gerichtet.) Der Brief enthält zunächst Beobachtungen über die Veen-Mosselen, und sodann sehr interessante, fortlaufende Beobachtungen über kleine Thierchen. Er bezieht sich auf einen Bericht vom Jahre 1675, in welchem Jahr er diese kleinen Thierchen im Wasser entdeckt habe. Dann folgt ein Auszug aus seinen Briefen vom 23. Mai und vom 5. Oktober 1677 über denselben Gegenstand.

Brief vom 28. Juni **1713**. Anfang August fand Leeuwenhoek auf einem fischreichen Weiher in einem Garten ein zusammenhängendes, dünnes, grünes Häutchen. Er entnahm mit einer Holzlatte etwas davon und brachte einen Tropfen auf einem grünen Weinglas vor das Mikroskop, welches er gerade bei sich hatte, und fand darin allerhand lebende Thierchen. Einige Tage darauf liess er sich von dem Wasser noch eine Probe bringen und konstatirte denselben Befund. Er urtheilt, dass durch solche Thierchen die Verunreinigung der Trinkgefässe und

¹⁾ Leeuwenhoek scheint also hier die Vermehrungsfähigkeit als Beweis für die Natur als Lebewesen heranzuziehen. Die Worte lauten im Original: . . . schoon ik geen leven daar an konde bekennen, soo stelde ik vast, dat het levende schepse's zijn, oft gewest hebben, doen sy inde mond, tegen de kieszen hebben aangeseten, ende aldaar veele zijn voortgeteelt.

sodann die Einführung derselben in den Mund, die weisse Materie zwischen den Zähnen, zu Stande kommen könne (cfr. Löffler l. c., S. 7), wenn man z. B. in einem solchen Weiher Bier- oder Weingläser ausspült.

Brief vom 24. Oktober 1713. Obschon in demselben keine auf die Bakteriologie bezüglichen Daten enthalten sind, hat er doch für den Bakteriologen Interesse. Ein Professor Cink aus Löwen hatte bei Leeuwenhoek anfragen lassen, was er von der Behauptung des Kircher halte, dass ungewaschene Salbeiblätter deswegen für den Genuss gefährlich seien, weil sie einen von kleinen Spinnen erzeugten, giftigen Spinnwebenüberzug besässen, den Kircher mit seinen Mikroskopen nachgewiesen habe. Leeuwenhoek antwortet mit einer sachlichen, sehr vernichtenden Kritik und Polemik gegen Kircher. Zunächst erbringt er den Nachweis, dass die wollige Masse an den Salbeiblättern aus den den Blättern eigenthümlichen Drüsenhaaren besteht und mit Spinnweben gar nichts gemein hat. Dann greift er energisch die verkehrten Ansichten Kirchers über die Urzeugung von allerhand Thierchen aus faulenden Pflanzenstoffen etc. an. Die betreffende Stelle lautet in der Uebersetzung: „Kircherus sagt auch, dass Salbei und Fenchel sehr gesunde Kräuter sind, dass aber in denselben ein Wurm wächst, der, unvorsichtig von Jemandem genossen, sehr schwere Zufälle und endlich den Tod verursacht.“ Ferner sagt er: „Ja, die Erfahrung hat mich gelehrt, dass keine einzige Pflanze existirt, die nicht einen Wurm oder eine Raupe hervorbringt.“ — Ich muss sagen, dass es zu beklagen ist, dass Kircherus so viele Unwahrheiten zu Papier gebracht hat, wie wir in seiner „Unterirdischen Welt“ finden. Diese seine Behauptung, dass lebende Geschöpfe aus allen verdorbenen Pflanzen und Früchten hervorkommen, hat bei den Menschen so viele und tiefe Wurzeln geschlagen, dass dieselben nicht so leicht wieder herauszubringen sind. Was mich anlangt, so steht bei mir unverbrüchlich fest, dass aus keinem Blatt, Baum oder Wurzel irgend ein lebendes Geschöpf, das mit einer Bewegung begabt ist, entstanden ist oder jemals entstehen wird. Allerdings ist es wohl wahr, dass das eine oder andere kleine Geschöpf seine Eier oder Jungen auf das Blatt oder die Frucht absetzen kann. Das Thierchen, welches aus dem Ei kommt, kann sich in das Blatt oder die Frucht einbohren, und so seine Nahrung und Aufziehung daraus geniessen. Die Wissbegierigen stellen fest, dass aus Nichts kein Etwas entstehen kann; das wird Kircherus ohne Zweifel mit festgestellt haben. Ist dies nun wahr, wie kann dann aus einem Geschöpf, das mit keiner Bewegung begabt ist, ein Geschöpf hervorgebracht werden, das mit einer Bewegung begabt ist, die wir Leben nennen. Hätte Kircherus ein gutes Vergrösserungsglas gehabt und

dasselbe ordentlich gebrauchen können beim Zergliedern der Geschöpfe bis herab auf solch' kleine Thierchen, die sich beinahe unserem Gesicht entziehen, dann würde er der Welt so viele Unwahrheiten nicht hinterlassen haben. Ein gewisser Schriftsteller in unserem Lande nennt ihn den „schreibsiechen Kircherus“; ich möchte ihn vielmehr den leichtgläubigen und sehr vermessenem Kircherus nennen“ etc. (l. c. S. 87 und 88.)

Brief vom 22. Juni 1714. Leeuwenhoek liess seine Figuren sorgfältigst von einem eigenen Zeichner anfertigen und alsdann in Kupfer schneiden. Die Druckabzüge schickte er an die royal society, den Schnitt behielt er zurück; aus diesem Briefe geht wieder hervor, dass er selbst holländisch schrieb und sein Manuskript von einem Uebersetzer in's Lateinische oder Englische übertragen liess.

Brief vom 28. September 1715 (XVIII. Brief dieses Bandes). Der Brief liefert uns eine Probe von Leeuwenhoek's Denkweise über die damaligen Studenten: „Junge Leute im Glasschleifen zu unterweisen und eine Schule dafür einzurichten, daraus kann ich nicht ersehen, dass viel Nutzen entspringen sollte; denn durch meine Entdeckungen und mein Glasschleifen sind in Leyden viele Studenten angeregt worden, und es sind daselbst 3 Glasschleifer gewesen, zu denen die Studenten hingingen, um das Schleifen ihrer Gläser zu erlernen. Aber was ist dabei herausgekommen? Nichts, so viel mir bekannt ist; denn zumeist laufen alle Studien darauf hinaus, durch die Wissenschaften Geld zu erwerben oder durch die Gelehrtheit geachtet zu werden, und das steckt im Glasschleifen und im Entdecken von Dingen, die vor unseren Augen verborgen sind, nicht. Es steht auch bei mir fest, dass von tausend Menschen nicht einer dazu befähigt ist, sich mit solchen Studien abzugeben, weil dazu viel Zeit erfordert und viel Geld verbraucht wird, und man ausdauernd mit seinen Gedanken dabei beschäftigt bleiben muss. Ueberdies sind die meisten Menschen nicht wissbegierig; ja einige, von denen man es nicht erwarten dürfte, sagen: Was ist daran gelegen, ob wir es wissen?¹⁾

Brief vom 20. November 1717: Der letzte der Sammlung. Sollte überhaupt der letzte bleiben, wie Leeuwenhoek darin bemerkt, den er als 85jähriger Greis verfasse; er dankt darin noch einmal der royal society, dass sie ihn vor Jahren zum Mitglied ernannt habe.

¹⁾ Dieser Brief ist überhaupt ziemlich polemisch. Er enthält für L.'s Denkweise charakteristische Aeusserungen über Valisnieri, Boerhave und Hartsoeker. Von letzterem schreibt Leeuwenhoek l. c. S. 170: „Mir ist zu Ohren gekommen, dass Hartsoeker bei den Gelehrten nur in geringer Achtung steht; da ich nun in seinen Schriften sah, dass er sich Unwahrheiten anmasst und hochmüthig ist, habe ich ihn nicht weiter eingesehen.“ (!)

Viertes Kapitel.

Das einfache Mikroskop bis zum Ende des achtzehnten Jahrhunderts.

Während die ersten beiden Kapitel sich mehr mit der Vorgeschichte des Mikroskops bis Leeuwenhoek beschäftigten, soll nunmehr in kurzen Zügen die eigentliche Geschichte dieses Instrumentes skizzirt werden. Es wird sich bei der Schilderung dieses Entwicklungsganges herausstellen, dass die Einrichtungen, welche wir an unseren modernen einfachen und zusammengesetzten Mikroskopen tagtäglich benutzen, fast sämmtlich die Früchte einer nahezu zweihundertjährigen Technik sind. Schon die Gerechtigkeit erheischt es demnach, den Blick einmal rückwärts auf jene Arbeit der Vorfahren zu thun.

Die wissenschaftliche Mikroskopie des 17. und grösstentheils des 18. Jahrhunderts verdankt ihre Existenz vornehmlich dem einfachen Mikroskop. Nur dieses Instrument war damals zu Beobachtungen mit stärkeren Vergrösserungen geeignet. Das zusammengesetzte Mikroskop wurde zwar zu schwächeren Vergrösserungen ebenfalls benutzt, es hatte aber für die mikroskopische Forschung noch keineswegs die Bedeutung des einfachen Mikroskopes erlangt.

Zu der Zeit, als der wissbegierige und unermüdliche Privatgelehrte in Delft, dem das vorige Kapitel gewidmet ist, seine staunenerweckenden Mittheilungen an die royal society in London ergehen liess, gab es schon zahlreiche einfache und zusammengesetzte Mikroskope. Leeuwenhoek hat dieselben, soweit er sie kannte, allerdings nicht sonderlich geachtet, sondern in autodidaktischer Souveränität sich sein eigenes wunderliches Instrument selber gefertigt. Weder seine Zeitgenossen noch spätere Forscher haben jedoch mit seinem Instrument gearbeitet. Es gerieth in Vergessenheit und zwar mit Recht, denn abgesehen von der Güte seiner Linsen mangelten ihm alle technischen Vollkommenheiten. Das einfache Mikroskop hat sich aber im Verlaufe der genannten beiden Jahrhunderte zu einer achtungswerthen Vollkommenheit emporgeschwungen, die bei Vielen vielleicht nur deshalb in Vergessenheit zu gerathen scheint, weil seit der Entthronung des einfachen Mikroskopes durch das zusammengesetzte ersteres fast nur noch zu untergeordneten Zwecken, wenigstens von den eigentlichen Bakteriologen benutzt zu werden pflegt. Nur beim Volke erfreut sich das einfache Mikroskop auch heute noch einer gewissen Beliebtheit, allerdings in ganz einfacher Form als Lupe beziehungsweise in der Gestalt jener kleinen Linsen, die zur Verzierung

von Federhaltern, Berloques etc. in Gebrauch sind und als Objekte meist irgend eine winzige Photographie in ihrem Brennpunkt aufgeklebt haben. Auch die als Spielzeuge beliebten Mikroskopbüchsen mit allerhand bunten kleinen Gegenständen gehören hierher. Näheres darüber im folgenden Kapitel.

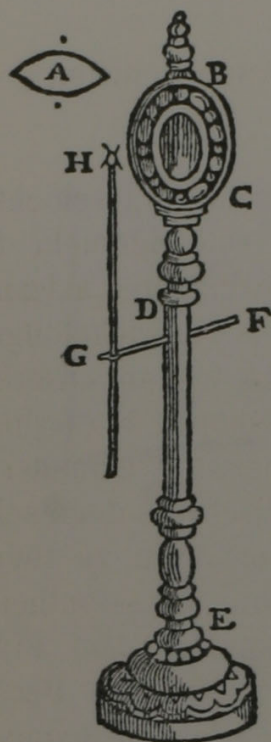


Fig. 16. Ältestes, einfaches Mikroskop aus Zahn, oculus artificialis, 1685.

Von den zahlreichen einfachen Mikroskopen, die uns aus früherer Zeit überkommen sind, sollen hier nur einige von besonders typischer Beschaffenheit erwähnt werden. Ich halte mich dabei vornehmlich an die vortrefflichen Abbildungen und Angaben des obenerwähnten Johannes Zahn. Dieser Autor führt uns in Bild und Wort in in seinem oculus artificialis (1. Aufl. 1685, 2. Aufl. 1702) die zu seiner Zeit gebräuchlichsten Instrumente vor, allerdings konnte er zu seinem ausdrücklichen Bedauern keine Zeichnung von dem Instrument seines berühmten Zeitgenossen Leeuwenhoek beibringen.¹⁾

Die von Kircher (1646) und Schott (1657) abgebildeten und von mir im ersten Kapitel reproduzierten Mikroskope waren keine für wissenschaftliche Arbeiten tauglichen Instrumente. Ein besseres Aussehen tragen schon die von Zahn als älteste aufgeführten Mikroskope, die wir vielmehr Lupen nennen würden, in deren Abbildungen die vorerwähnten von Kircher und Schott übrigens unschwer wiederzuerkennen sind. Fig. 16 wird von Zahn als Beispiel eines microscopium simplex u. z. eines serium, für praktische mikroskopische Untersuchungen hingestellt. Die Linse A bzw. B C hatte $\frac{5}{100}$ römische Fuss im Durchmesser und vergrösserte 14mal lineär. Sie befand sich in einer hölzernen oder beinernen Fassung auf dem Stativ E. Das Objekt (Fliege, Floh und dergl.) wurde bei H aufgespiesst und durch Verschieben von HG und GF in den Brennpunkt der Linse gebracht. Das Instrument gleicht dem von Kircher, Fig. 3 bei L, M, N und dem von Schott, Fig. 4 bei 5 abgebildeten. Aehnliche „Stativlupen“ finden sich auch heute noch bei Juwelieren, Optikern und sind für einfache Pflanzenuntersuchungen beim Botanisieren noch immer im Gebrauche.

¹⁾ Zahn schliesst den appendix des citirten Werkes (2. Aufl.) mit dem Satze: His perlibenter addere voluisssem solertissimi et clarissimi Domini de Leëuwenhoek microscopia, et instrumentorum ad illa necessariorum apparatus, quibus admiranda in Natura arcana detexit: Verum quia Authorem illum in suis epistolarum operibus ea non sufficienter descripsisse scio (praeter unicum illud instrumentum,

Ganz ähnlich sind die Instrumente, welche Martin Frobenius Ledermüller, Hochfürstlich-Brandenburg-Kulmbachischer Justizrath in seinem originellen Werke „Mikroskopische Gemüths- und Augenergötzung“ (Nürnberg, 1762) als älteste Mikroskope uns vorführt, und die ich in Fig. 17 und 18 wiedergebe. Das Mikroskop Fig. 17 besteht aus einer mit Wasser gefüllten Glaskugel und Fig. 18 aus einer Linse.

Letzteres Mikroskop ist genau beschrieben und abgebildet in dem interessanten Sammelwerk *collegium experimentale etc.* (vrgl. das Lit.-Verz.) des Joh. Christophorus Sturm 1672¹⁾. Die Dimensionen der Linse waren nach dem im Original der Abbildung beige-druckten und auf unser Centimetermass reduzierten Massstabe: Dicke 5 Millimeter, Durchmesser der Linse 10,6 mm. Die Vergrößerung betrug, wie bei dem Zahn'schen Mikroskop in Fig. 16, 14mal lineär, oder, wie Sturm l. c. um das Staunen seiner Leser zu erwecken, auf den Kubus berechnet, sagt: *totam soliditatem alicujus*

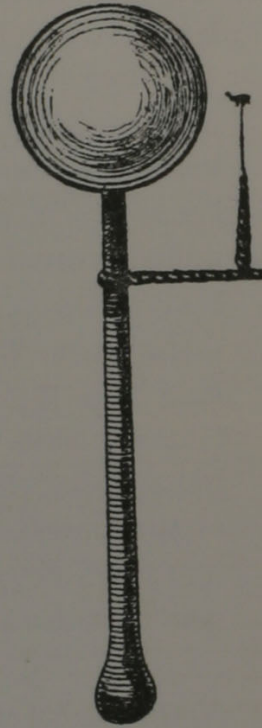


Fig. 17. Altes, aus einer mit Wasser gefüllten Glaskugel bestehendes Mikroskop; nach Ledermüller und Hertel.²⁾

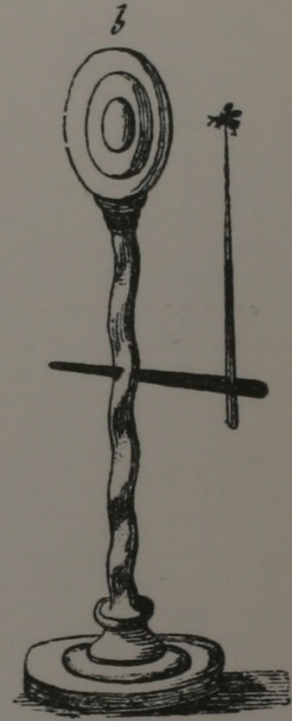


Fig. 18. Altes Mikroskop nach Sturm (1672).

quod epistola 66, ad Regiam societatem Londinensem data describit, quo nempe sanguinis circulatio in anguilla apte ob oculos poni potest) nec aliunde etiam exquirere valui: ideo in hoc nec affectui meo, nec curiosi Lectoris desiderio, ut percuperem, satis facere potui. (Sehr gern hätte ich hier die Mikroskope und den dazu benötigten Instrumenten-Apparat des so emsigen und hochberühmten Herrn von Leeuwenhoek anfügen wollen, womit er staunenswerthe Wunder in der Natur aufgedeckt hat; da jedoch jener Autor dieselben [Mikroskope] in seinen Briefwerken, soweit ich weiss, nicht genügend beschrieben hat [abgesehen von jenem einzigen Instrumente, welches er im 66. Brief an die Kgl. Gesellschaft in London beschreibt, wodurch bekanntlich der Blutkreislauf im Aal so trefflich vor Augen geführt werden kann] und ich auch anderwärts keine Beschreibung aufzutreiben vermochte, so konnte ich hierin weder meinem eigenen Bestreben noch dem Verlangen des wissbegierigen Lesers, trotz meines dringenden Wunsches Genüge thun.)

¹⁾ Sturm, *Collegium experimentale sive curiosum*, Part. I., Tentam. XV., Phaenom. 1. Die erste Auflage Norimberg 1676; Vorrede aber schon 1672 verfasst. Zweite Auflage Nürnberg, 1701, p. 138 u. f.

²⁾ Vergl. auch die Angaben von Hertel (siehe Literaturverzeichniss) über Anfertigung solcher Mikroskope, 1716.

corpusculi plus quam 2700¹⁾ vicibus seipsa majorem exhiberi a parva hac lenticula: prout etiam pulicem tanquam locustam satis grandem, aciculam instar digiti virilis aut potius baculi robustioris aspeximus²⁾. Die Fassung der Linse war aus Elfenbein, das Stativ aus Knochen gedreht. Aus gleichem Material bestand der Querarm, welcher den vertikalen Drahtstachel zum Anspießen des Objektes trug.

Ich gestatte mir über das interessante Werk noch eine kurze Notiz anzuführen. Sturm war Professor der Philosophie, Mathematik und Physik an der „incluta Altdorffina“ zu Altdorf bei Nürnberg. Sein Buch ist eine gedrängte Zusammenstellung von Experimentalvorträgen, die er seit 1672 alljährlich wiederkehrend einem auserlesenen, durch Einladungsprogramm und Subskription zusammengebrachten Auditorium von Liebhabern derartiger Experimente aus allen Kreisen der Gesellschaft hielt. Sogar die Namen dieser Herren sind abgedruckt. An der Spitze dieser *socii collegii curiosi seu experimentalis* steht der „*illustrissimus dominus*“ Fridericus Steenbock, Comes de Bogesund. Sturm betont in dem Programm, dass in seinem Jahrhundert (1672) die Naturwissenschaften (die *philosophia naturalis*) vornehmlich deshalb einen so grossen Fortschritt gemacht hätten, weil man sich endlich von dem Autoritätsglauben an Aristoteles, Descartes etc. frei gemacht und an die Beobachtung der Natur und an das zielbewusste Experiment herangetraut habe. Er schreibt über die Ursachen dieses Fortschrittes: „*Eorum autem felicissimi morum progressuum fontem, et causam unicam merito agnoscunt eruditi omnes, singularem et propriam huic aevo Philosophandi methodum, quam experimentalem appellare jamdudum solenne est, quippe non amplius in argutiarum ac disputationum nanium subtilitatibus positam, sed Ipsius Naturae reconditos sinus penitus excutientem experimentisque nixam non casu oblati, sed de consilio instituti, eisque admirandis plane ac stupendis.* — Als die Quelle und die einzige Ursache dieser so glücklichen Fortschritte erkennen mit Recht alle Einsichtigen die ausserordentliche, unserem Zeitalter eigenthümliche Methode des Forschens, deren Bezeichnung als die „experimentelle“ schon jetzt gebräuchlich ist, und die nicht mehr auf den Feinessen leerer, dialektischer Spitzfindigkeiten beruht, sondern die Natur selbst bis in das Innerste ihrer verborgensten Schlupfwinkel hinein aufstöbert und sich auf Experimente stützt, die nicht etwa der Zufall bringt, sondern die planvoll unternommen werden und völlige Bewunderung und Staunen erwecken.“

Solche einfachen Werkzeuge rechnete Zahn zu den „ernsthaften“ (seria) Mikroskopen. Fig. 19 ist dagegen das Faksimile des von ihm als gemeinstes Beispiel der *microscopia ludicra curiosa*³⁾ abgebildeten *microscopium sive vitrum pulicarium vulgare*, welches

¹⁾ Genau $14^3 = 2744 \times$

²⁾ „... dass die ganze Masse irgend eines kleinen Körperchens sich um mehr als das 2700fache des Ursprünglichen vergrössert darstellt, so dass wir einen Floh wie eine ziemlich grosse Heuschrecke und seinen Stachel wie einen Mannesfinger oder besser wie einen kräftigen Stock gross erblicken.

³⁾ Zahn unterscheidet l. c. cap. II. S. 530 (2. Aufl.) bei den *microscopia* (*engyscopia*) die *simplicia* und *composita*, eaque vel *seria* aut *ludicra*. *Simplicia* voco, quae unicam requirunt lentem, et simplici indigent structura. *Composita*, quae pluribus lentibus et structura seu varia compositione construuntur. *Seria* etiam voco, quae ad utilissimam minimarum rerum cognitionem ducunt; *ludicra*, quae jucunda curiositate oculos oblectare ac recreare solent (einfache und zusammengesetzte, u. z. ernsthafte oder kurzweilige. Einfache nenne ich die mit nur einer Linse und einem einfachen Bau; zusammengesetzte die mit mehreren Linsen und von zusammengesetztem Bau. Unter ernsthaften verstehe ich solche, die für die so nothwendige Erkenntniss kleinster Gegenstände benutzt werden; unter kurzweiligen solche die durch angenehme Zerstreuung die Augen zu ergötzen und zu erfreuen pflegen.)

dem Kircher'schen Instrument bei A B D E auf Fig. 3 entspricht. Die Linse ist auf der Seite von A oben in ein etwa 2 Zoll langes, cylindrisches Büchsen aus Holz oder Bein eingelassen; das Objekt liegt bei B auf einer planen Glasscheibe, die das andere Ende des Cylinders verschliesst. Die Einstellung ist ein für allemal in der

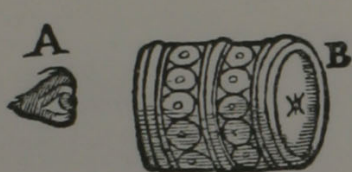


Fig. 19.
Vitrum pulicare commune nach Zahn (1685).

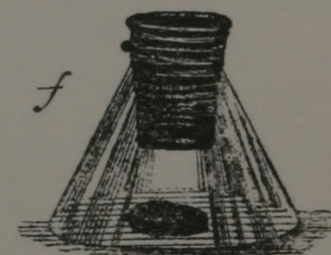
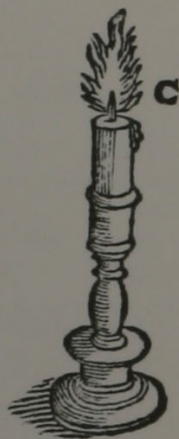


Fig. 20. Mikroskopirbüchse
nach Ledermüller, 1762.

Länge des kleinen Apparates gegeben. Solche und ähnliche, demselben Typus angehörenden Mikroskopirbüchsen waren als Spielerei sehr beliebt und noch im folgendem Jahrhundert beim Publikum



Fig. 21. Oekonomieglas von
Ledermüller, 1762.

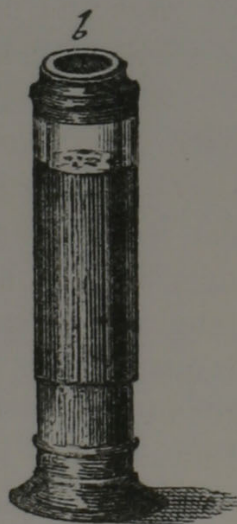


Fig. 22. Oekonomie-
glas nach Leder-
müller (1762).

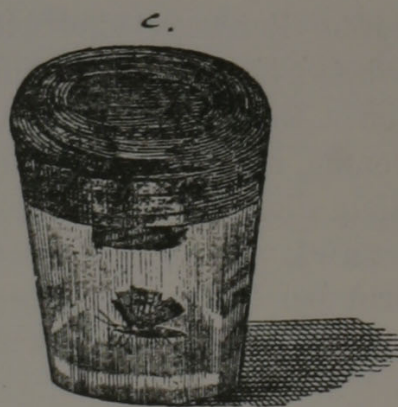


Fig. 23.
Oekonomieglas von Meyer,
nach Ledermüller (1762).

in Benutzung. Ledermüller bildet mehrere davon ab, wie sie „die Marmelthierjungen und Savojarden täglich zu verkaufen pflegen“, z. B. das hier in Fig. 20 wiedergegebene, sowie auch die in Fig. 22—24 von Ledermüller „Oekonomiegläser“ genannten Instrumente, welche etwa 8—10 mal vergrößerten und zur Betrachtung von

Samen und Insekten benutzt wurden. Solche und ähnliche Instrumente sind auch jetzt noch allenthalben im Gebrauch.

Schon mehr für wissenschaftliche Untersuchungen brauchbar erscheint das in Fig. 24 wiedergegebene Instrument, dessen sich nach Ledermüller der gelehrte Arzt und Naturforscher Köhlreuter bediente, und welches eine hirsekorn-grosse Linse, ähnlich wie die Leeuwenhoek'schen Mikroskope besass.

Die bisher aufgeführten Instrumente (die Leeuwenhoek's eingerechnet) hatten sämtlich nur eine Linse und entbehrten der Einstellvorrichtungen entweder gänzlich, oder waren höchstens mit

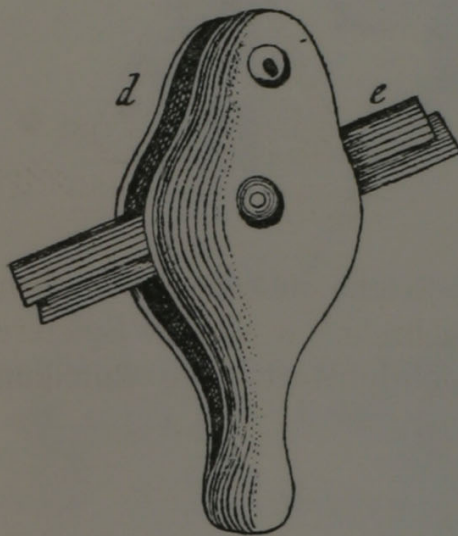


Fig. 24. Mikroskop von Köhlreuter nach Ledermüller, 1762.

den ersten Anfängen derselben versehen. Es ist daher als ein nicht unerheblicher Fortschritt zu bezeichnen, als man nach diesen Richtungen die Mikroskope verbesserte. Während z. B. Leeuwenhoek für jede Vergrösserung ein anderes Instrument benutzte, waren die jetzt zu erwähnenden Mikroskope mit einem Satz von Linsen verschiedener Vergrösserungskraft ausgerüstet, die nach Bedarf ausgewechselt werden konnten. Die Einstellvorrichtungen blieben vor der Hand noch im Argen, während den Vorkehrungen zum Festhalten und Darbieten der Objekte besondere Aufmerksamkeit gewidmet

wurde. Zunächst sind hier die Mikroskope von Samuel und von Johannes van Musschenbroek aus Leyden zu erwähnen, deren sich z. B. Swammerdam und Boerhave zu ihren Forschungen bedienten, und von denen die dem Werke von Zahn entlehnten Figurentafeln Fig. 25 und 26 eine Vorstellung geben. Das Mikroskop Fig. 25 von J. van Musschenbroek war aus Messing verfertigt, und wurde an dem Griff bei B vor das Auge gehalten. Zu demselben gehörte ein Satz von 6 bikonvexen Linsen (Durchmesser nach Zahn 5, 10, 15, 20, 25 und 30 Hundertstel eines römischen Fusses). Jede Linse hatte eine Einfassung von Horn oder hartem Holz D, die oben mit einem kleinen Loch versehen war, in welches das obere Ende des Messingstiftes C eingesteckt oder eingeschraubt wurde. Auf das Ende des anderen Mikroskoparmes A kam der Objekthalter mit dem Objekt. Charakteristisch für die Musschenbroek'schen Instrumente waren die „Musschenbroek'sche Nüsse“ genannten Kugelgelenke c, d, e, welche durch ihre freie Beweglichkeit, die aber ein feststellen in jeder Lage ermöglichten, sehr zur Vollkommenheit der Instrumente

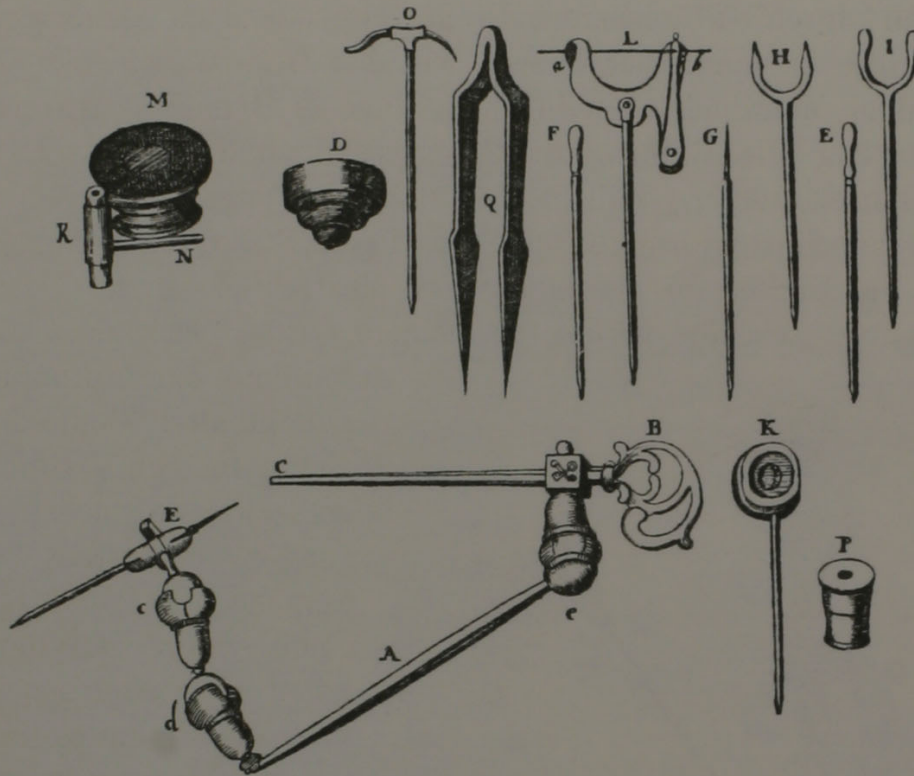


Fig. 25. Mikroskop nebst Zubehör von J. v. Musschenbroek (um 1693) nach Zahn.

beitrugen. Der Objekträgerhalter E war hohl für die Aufnahme der verschiedenen auf der Tafel abgebildeten Halter, auf deren Benutzung ich an anderer Stelle zurückkomme.

Ein zweites Mikroskop von J. v. Musschenbroek ist nebst seinem Zubehör in Fig. 26 wiedergegeben. Es unterschied sich vor-

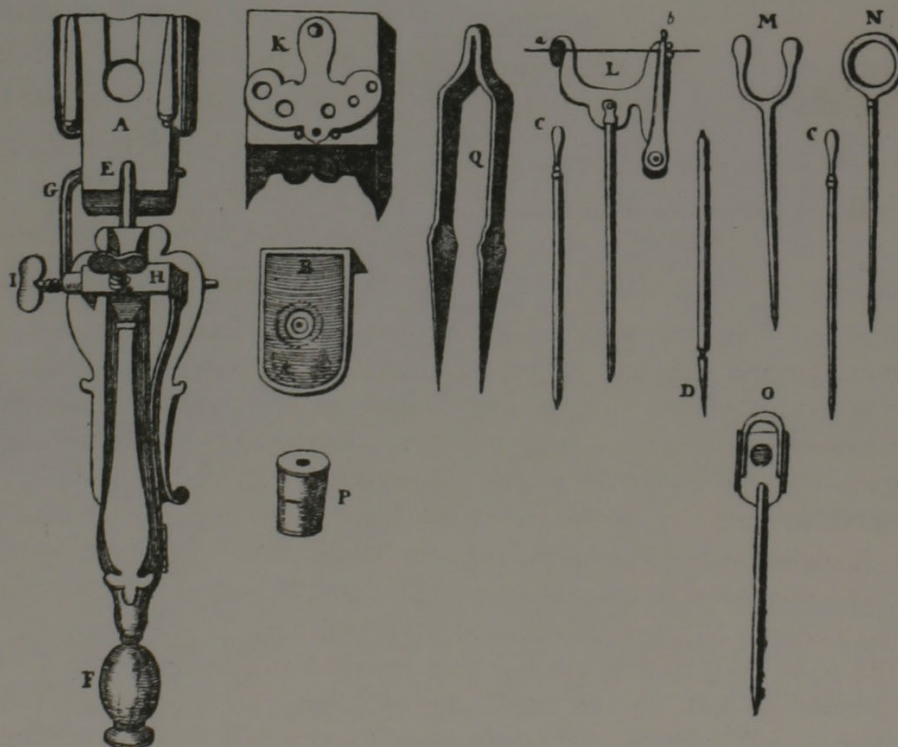


Fig. 26. Zweites Mikroskop von J. v. Musschenbroek (um 1690) nach Zahn.

nehmlich durch die geringere Brennweite der dazu gehörigen sechs Linsen, die in ähnlicher Weise wie bei Leeuwenhoek zwischen zwei dünne Metallplättchen in einen Schieber B montirt waren. Nach Zahn betrug die Brennweite der grössten und somit schwächsten dieser Linsen nur $\frac{1}{12}$ Zoll.¹⁾ Die Schieber mit den Linsen wurden durch eine schlittenförmige Bewegung in das Stativ bei A eingeschoben, das an der Stelle, wo die Linse sass, ein Sehloch trug. Das Instrument wurde, wie das vorige, an seinem Griff F vor das Auge gehalten.

Zur Aufnahme der Objekthalter diente der bei E sichtbare hohle Stift. Derselbe konnte nach drei Richtungen eingestellt werden. Sein nach unten verlängertes Ende wurde mit der Hand höher oder niedriger geschoben, die Schraube H diente zur Annäherung bzw. Entfernung von der Linse und die Schraube I bewirkte die seitlichen Verschiebungen.

Besonderes Interesse beansprucht ferner der hier wohl zum ersten Mal auftretende Blendenapparat K; derselbe bestand in einem über das Objekt stülpbaren Kasten, dessen Lichtöffnung durch eine mit fünf verschieden grossen Oeffnungen versehene Blendscheibe geschlossen werden konnte.²⁾

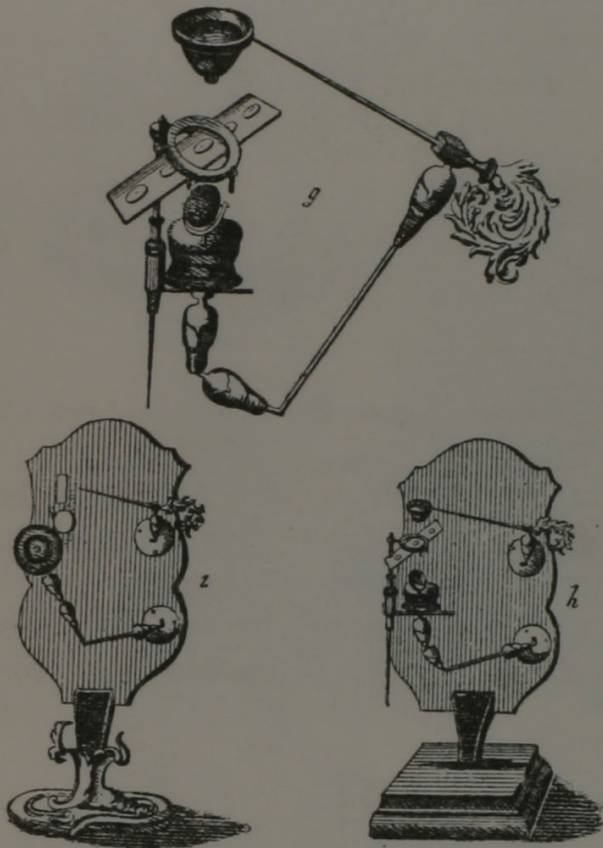


Fig. 27. Drei verbesserte Musschenbroek'sche Mikroskope nach Ledermüller (1762). h Universale von Delius, i anatomisches Mikroskop von Lieberkühn.

¹⁾ Zahn, l. c. S. 782: Servire autem ejusmodi microscopium potest ad minutissima omnis generis objecta. et eorum minutissimas particulas perscrutandas et accuratissime perlustrandas puta ad exilia quaecunque animalcula inspicienda varia liquida, sanguinem, aquam, et alia hujus modi quorum videndorum copiam alia microscopia non facile praestare valent. (Ein solches Mikroskop kann zu winzigen Objekten aller Art benutzt werden, sowie zur Durchforschung und genauesten Durchmusterung ihrer kleinsten Theilchen, z. B. zur Beobachtung allerhand kleiner Thierchen, von verschiedenen Flüssigkeiten wie Blut und Wasser u. a. m., zu deren Untersuchung die anderen Mikroskope meist nicht ausreichen.)

²⁾ Ein ganz ähnliches Mikroskop von Musschenbroek beschreibt Harting III. S. 43, welches sich im physikalischen Kabinet zu Leyden befand. Nach Harting war dasselbe für stark vergrössernde Glaskügelchen eingerichtet. Zahn, der diese Kügelchen sehr wohl kannte, theilt jedoch mit, dass dem betr. Instrumente:

Augenscheinlich waren diese von J. van Musschenbroek verfertigten einfachen Mikroskope recht brauchbare und auch technisch auf ihrer Höhe stehende Instrumente. Samuel v. Musschenbroek machte sodann auch ähnliche Mikroskope mit einer Fussplatte zum Hinstellen. Es geht dies aus der Vorrede Boerhaves zu der 1735 erschienenen *Bybel der natuure* von Swammerdam (gestorben 1680) hervor (s. Lit. Verz.)

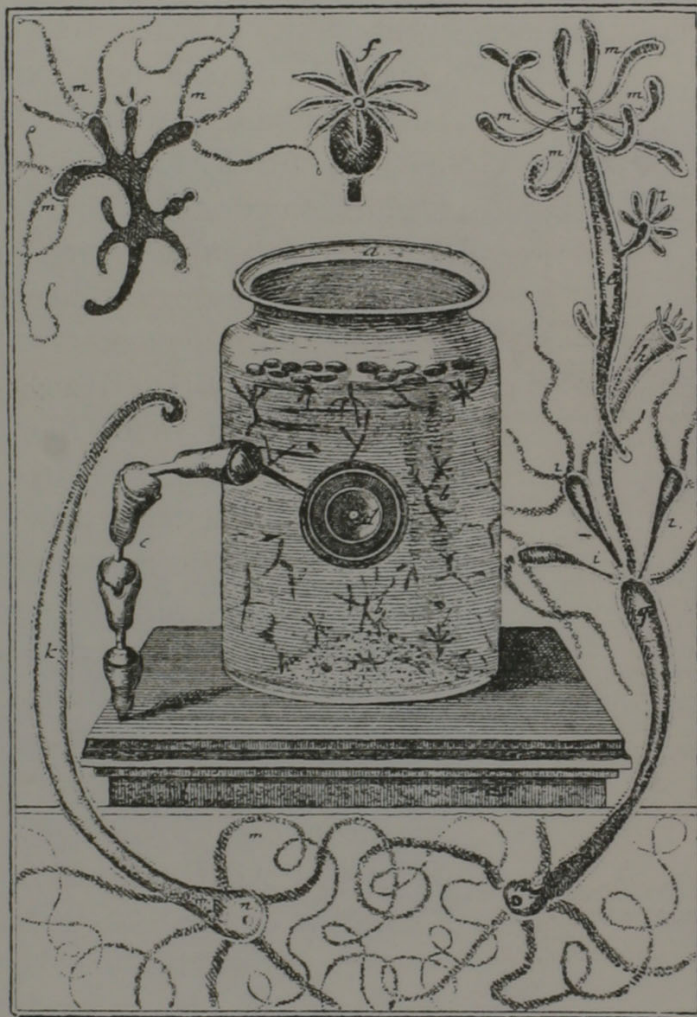


Fig. 23. Stativloupe mit Musschenbroek'schen Nussgelenken
nach Ledermüller (1762).

Swammerdam benutzte zu seinen unvergleichlich feinen und kunstvollen Insektenpräparationen ein Mikroskop von Samuel von Musschenbroek, welches aus zwei kupfernen Armen, einen für das Objekt, den anderen für ein Stück des Linsensatzes, auf einer kupfernen Platte bestand. Die Arme konnten in beliebige Stellungen gebracht

sicut in praecedenti microscopio, ita hic quoque sex alia multo minora convexa lenticularia vitra beigegeben worden waren. Die Zahn'schen Musschenbroeks scheinen also Linsen gehabt zu haben. Uebrigens war auch 1892 auf der Ausstellung in Antwerpen von Prof. Hubrecht aus Utrecht ein Musschenbroek vom Jahre 1716 aus dem zoologischen Museum der Utrechter Universität ausgestellt.

werden. Solche Musschenbroek'schen Instrumente sind noch bis weit in das 18. Jahrhundert hinein in mehrfachen Abänderungen und Verbesserungen in Gebrauch gewesen. Dies zeigt z. B. die Fig. 27, welche eine Figurentafel (XXII) aus dem erwähnten Werk Ledermüllers in verkleinertem Maasstabe wiedergiebt. In g ist das Mikroskop von Fig. 25 durch Hinzufügung eines Beleuchtungsspiegels und eines Schieberhalters vervollständigt, und in h an einem senkrechten Brettstativ befestigt; in dieser Form stellt es nach Ledermüller das

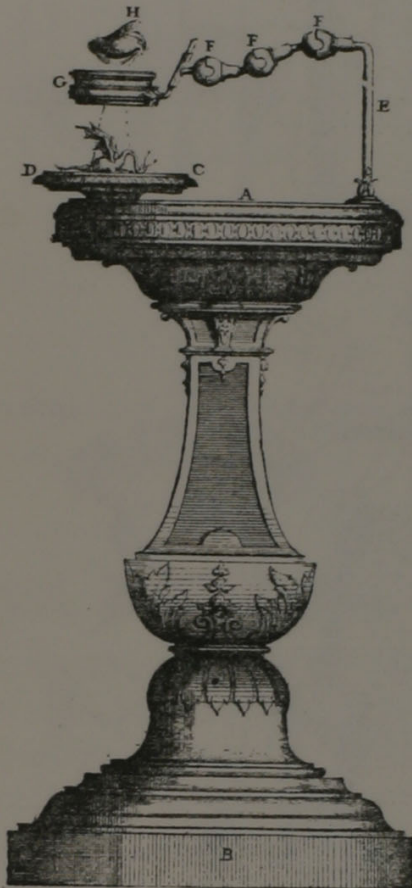


Fig. 29.
Porte Loupe nach Joblot (1718).

„kleine Universale“ des Hofrathes Delius zu Erlangen dar, während i ein Instrument nach Lieberkühn für anatomische Untersuchungen vorstellt. Die Verwerthung der Musschenbroek'schen Nussgelenke für Loupenstative zeigen die Figuren 28 und 29, von denen die erstere eine Vorrichtung nach Ledermüller¹⁾ zur Aufsuchung von Wasserpolyphen und die andere einen Loupenträger nach Joblot (s. Lit.) darstellt.²⁾ Der Letztere kann auch für Linsen mit kurzer Brennweite benutzt werden, denn G ist ein Ring mit Schraubengewinde zur scharfen Einstellung, in welchen die Loupen oder auch Mikroskope eingesetzt werden können.

Eine etwas andere Einrichtung als die Musschenbroek'schen Instrumente zeigten die nach Zahn (l. c. S. 795) von Cosmus Conradus Cuno zu Augsburg verfertigten Mikroskope, von denen dreierlei Typen in Fig. 30 wiedergegeben sind. Auch zu diesen Mikroskopen gehörte ein Linsensatz von sechs Stück, deren Brennweiten bis zu $\frac{1}{100}$ römische Fuss her-

abreichten. Die Hornfassungen der Linsen, A, wurden bei Fig. 1 der Tafel auf den beweglichen Arm des Gestells bei cc, bei Fig. 3 auf die feststehende Verlängerung des Griffes bei 3 und bei Fig. 2 in das Loch der Okularscheibe bei G eingesetzt. Die stärksten Linsen konnte man an dem Instrument Nummer 2 verwenden, welches dazu auch bei H eine feine Einstellungs-³⁾vorrichtung besass.

¹⁾ Das Original im Hamburger Magazin, 7. Bd. 3. Stich.

²⁾ l. c. Planche 13.

³⁾ l. c. S. 797, superius in H artificiose rotula quaedam cum trochleola apparata est quae lenticulam microscopica pro libitu ad objectum, prout ad illud perlustran-

Es war aus den beiden Platten F und A auf einem Handgriff aufgebaut. Die gegen das Licht zu richtende Platte trug oben eine

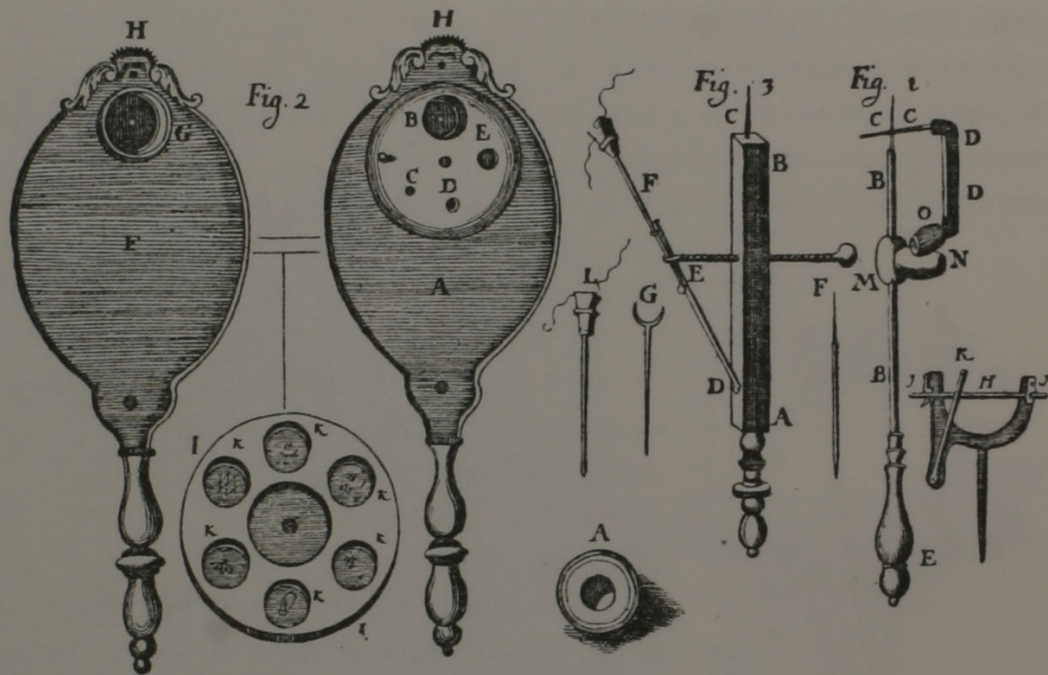


Fig. 30. Drei einfache Mikroskope, verfertigt von Cosmus Conradus Cuno in Augsburg nach Zahn, oculus artificialis (2. Aufl. 1702¹).

kreisrunde Blendenscheibe mit fünf verschieden weiten Oeffnungen R, B, C, D, E und zwischen beiden Platten befand sich die Objekträger Scheibe J J. Fig. 3 war aus Holz, Fig. 1 und 2 aus Messing und Holz angefertigt. Nach dem Typus auch dieser drei Formen sind in den folgenden Jahrzehnten viele Instrumente angefertigt worden. Besonderes Interesse beansprucht unter denselben ein Mikroskop von Lieberkühn, welches in Fig. 31 sammt seinen Nebenapparaten abgebildet ist. Das Instrument zeichnete sich, abgesehen von der Güte der dazu gehörigen Linsen, durch die kleinen silbernen Beleuchtungsspiegel K aus, in deren Centrum dieselben angebracht waren, und die

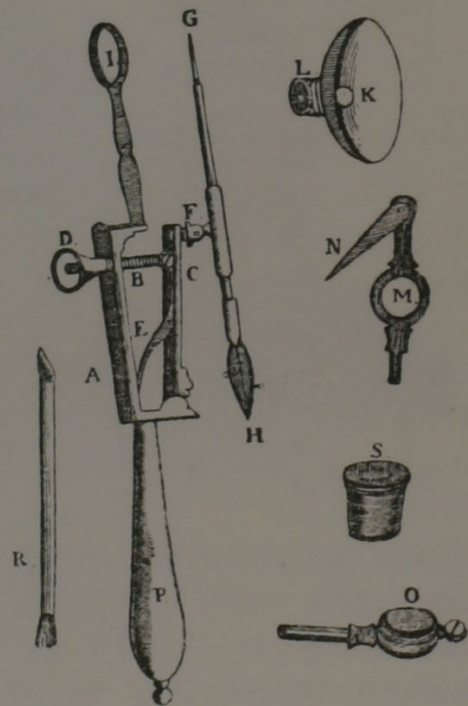


Fig. 31. Cirkel-Mikroskop von Lieberkühn mit Spiegelchen nach Baker (1740).

dum necesse fuerit, nunc adducere nunc reducere poterit (oben bei H ist kunstvoll ein Rädchen mit einer kleinen Winde angebracht, welche die kleine Mikroskoplins nach Belieben dem Objekt bald näher bald ferner zu bringen vermag, je nachdem dies zur Durchmusterung desselben nöthig ist).

¹) l. c. p. 796.

bei J in den oberen Ring des Stativs eingeschraubt wurden. Diese zur Beleuchtung undurchsichtiger Gegenstände vortrefflich geeigneten Spiegelchen hatte schon Leeuwenhoek an seinen Mikroskopen benutzt, vid. Fig. 2; es ist also nicht richtig, sie, wie bis vor Kurzem üblich, Lieberkühn'sche Spiegel zu nennen. Ja, die historische Gerechtigkeit erfordert, daran zu erinnern, dass die Idee zu diesen Beleuchtungsspiegeln, die Angaben über die zweckmässigste Krümmung derselben und die Abbildungen solcher, zunächst aller-



Fig. 32. Cirkel-Mikroskop im Germanischen Museum zu Nürnberg.

dings noch theoretischen Hilfsapparate noch älter sind; schon Descartes hat dieselben beschrieben und in seinen beiden, oben in Fig. 1 und 2 wiedergegebenen, „Mikroskopen“ angebracht (1637). Das Mikroskop war bis auf den Holzgriff sauber aus Messing oder Silber gearbeitet, und wird von den Zeitgenossen Lieberkühns sehr gelobt.

Gleichfalls nach dem Typus der Cuno-schen Instrumente (Fig. 3 auf Fig. 30) sind die sogenannten Cirkelmikroskope gebaut, welche vielfache Wandlungen durchgemacht haben und sich noch bis in unser Jahrhundert hinein grosser Beliebtheit erfreuten. Die Abbildung eines älteren Instrumentes dieser Art findet sich in der Abhandlung von J. F. Meyen, welcher zuerst diese Mikroskope verfertigte. Auch zu diesen Instrumenten gehörte ein Satz von mehreren Linsen, deren Fassungen auf den einen Schenkel des Cirkels aufgesetzt wurden, während der andere zur Aufnahme der Objekthalter diente. Die Cirkelmikroskope waren später mit einem Fuss zum Hinstellen versehen. Eine nicht unwesentlich verbesserte Form der Cirkelmikroskope stellt die Fig. 32 dar. Das Originalinstrument befindet sich im Germanischen Museum zu Nürnberg.¹⁾ Der eine Schenkel des Cirkels ist in zwei Theile getheilt, von denen der äussere zur Aufnahme der Linsenfassungen bestimmt und der innere, wie aus der Fig. 32 ersichtlich, mit einem besonderen Apparat zur Aufnahme von Objektschiebern ausgerüstet ist. Der andere Schenkel des Cirkels ist zur Aufnahme einer zweiten Linse eingerichtet, und zwar sollte dieselbe wohl zweifellos zur Beleuchtung des Objektes dienen, wenigstens war sie, wie ich mich überzeugte, dafür geeignet. Von den vielen Formen der Cirkel-

¹⁾ Die Figur ist nach einem Photogramm des Verfassers geätzt worden. Dem Direktor des Germanischen Museum in Nürnberg, der mir behufs Aufnahme dieses und noch mehrerer anderer Photogramme die betreffenden Sammlungsobjekte zugänglich machte, spreche ich an dieser Stelle meinen besten Dank aus.

mikroskope will ich noch zwei hier vorführen, die sowohl ihrer Vollendung wegen als auch deshalb von Interesse sind, weil bekannte Forscher mit ihnen gearbeitet haben. Fig. 33 stellt das Universalmikroskop des durch seine eingehenden mikroskopischen Untersuchungen berühmten¹⁾ Freiherrn von Gleichen, gen. Russwurm, dar. Das Mikroskop wurde zum Gebrauch auf ein elegantes Holzkästchen geschraubt, in welchem dasselbe nebst allen seinen zahlreichen Nebenapparaten nach dem Auseinandernehmen sicher untergebracht werden konnte. Das Instru-

ment wurde, wie aus den weiteren, hier nicht mit aufgenommenen Abbildungen bei Ledermüller ersichtlich ist, auch in aufrechter, gegen die Lichtquelle gerichteter Stellung, meist aber in der Weise benutzt, wie die Fig. 33 zeigt. In dieser Anordnung

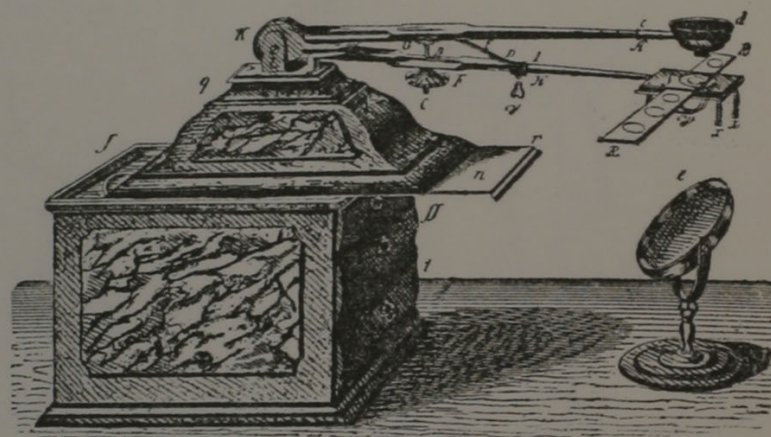


Fig. 33. Universal-Mikroskop des Frhrn. von Gleichen, genannt Russwurm, nach Ledermüller 1761.

diente zur Beleuchtung des Objektes der gläserne Planspiegel e. Zur Aufnahme der Objekte waren ausser dem in der Figur ersichtlichen und an den ähnlichen Theil der Fig. 32 erinnernden Apparat zahlreiche andersgestaltete Einsätze beigegeben. Zur Beleuchtung undurchsichtiger Gegenstände von unten diente der Glasspiegel e, und zur gleichzeitigen Beleuchtung von oben wurde an die Objektseite der Linsenfassung d noch ein silberner Hohlspiegel (Leeuwenhoek-Lieberkühn) geschraubt. Auch für anatomisch-mikroskopische Untersuchungen nach Lieberkühn war dies Universale eingerichtet, und zwar diente diesem Zwecke das in der Figur etwas aus seiner Aufbewahrungsstelle unter dem Kastendeckel hervorgezogene mit einem runden Ausschnitt versehene Brettchen n r, welches an dem einen Arm des für diese Art der Untersuchung senkrecht zu stellenden Cirkels befestigt wurde, nachdem die zu untersuchenden Gegenstände, z. B. ein Frosch mit aufgespanntem Mesenterium, darauf festgemacht waren. Von Gleichen-Russwurm hatte schliesslich zur Anbringung an sein Universale auch ein zusammengesetztes Mikroskop nach Marschall

¹⁾ Siehe seine interessante Abhandlung: Ueber die Samen- und Infusionsthierchen und über die Erzeugung, Nürnberg 1778, sowie seinen Briefwechsel mit Ledermüller in dessen „Nachlese“ etc. 1762 (s. Lit.). — Vgl. auch Loeffler (s. Lit.) Vorlesungen etc., S. 12 u. f.

verfertigen lassen, welches statt d an den einen Cirkelarm aufgesteckt wurde und ebenfalls mit dem Leeuwenhoek-Lieberkühnschen Beleuchtungsspiegel versehen war (s. weiter unten bei den zusammengesetzten Mikroskopen). Zu Beobachtungen bei Lampenlicht benutzte v. Gleichen-Russwurm die in Fig. 34 wiedergegebene, stark an den alten Apparat von Hooke (Fig. 106) erinnernde Be-

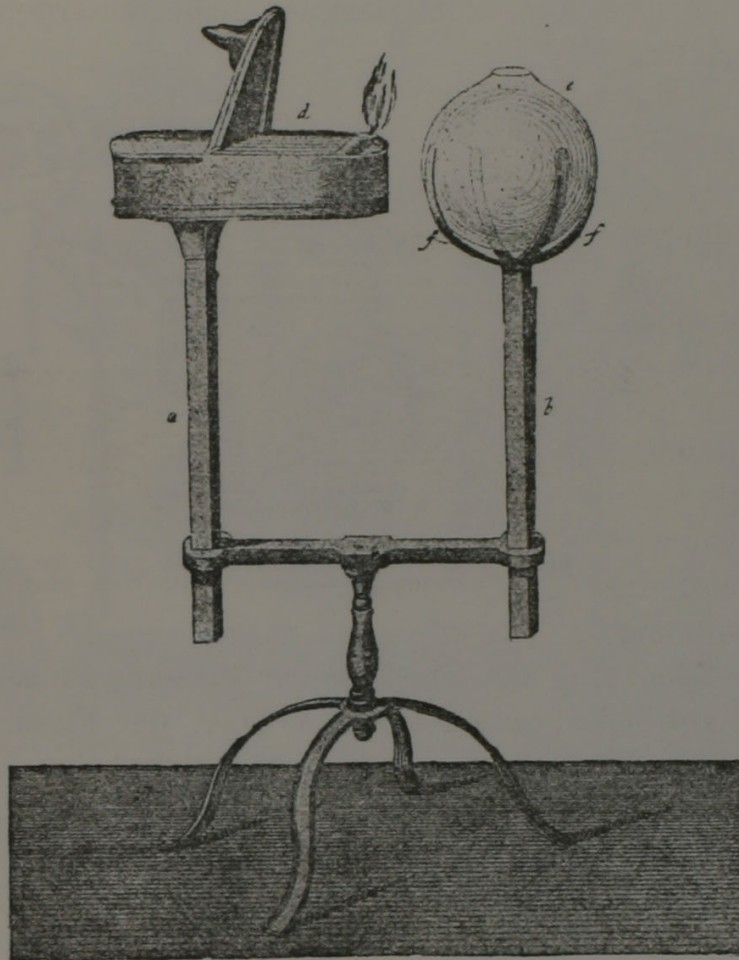


Fig. 34. Beleuchtungsvorrichtung des Fhrn. von Gleichen-Russwurm nach Ledermüller (1762).

leuchtungsvorrichtung, die zur Sammlung der Lichtstrahlen eine mit Wasser gefüllte Kugel verwendete.

Als letztes Cirkelmikroskop erwähne ich das in Fig. 35 wiedergegebene, von Milchmeyer in Nürnberg verfertigte Instrument, dessen sich Ledermüller bei vielen Untersuchungen bediente, und welches er ausführlich in der „abgenöthigten Vertheidigung“ als Anhang seiner Gemüths- und Augenergötzungen (s. Lit.) beschrieben hat. Zweifellos ist das Mikroskop ebenso wie das vorbeschriebene des Herrn von Gleichen-Russwurm, ein Cirkelmikroskop, obschon Ledermüller in der gegen gewisse Beschuldigungen des Herrn von Gleichen gerichteten Abwehr dies nicht zugeben will.

Auch der durch Fig. 2 auf Figurentafel 30 repräsentirte Typus der einfachen Mikroskope hat mit gewissen Abänderungen sich längere Zeit im Gebrauch erhalten. Eine Kombination desselben mit dem Musschenbroek'schen Instrument zeigte Fig. 27. Aehnlich ist das von Ledermüller benutzte Instrument in Fig. 36. Ferner gehört hierher das anatomische Mikroskop von Lieberkühn, von dem Fig. 37 die Okular- und Fig. 38 die Objektseite darstellt. Diese

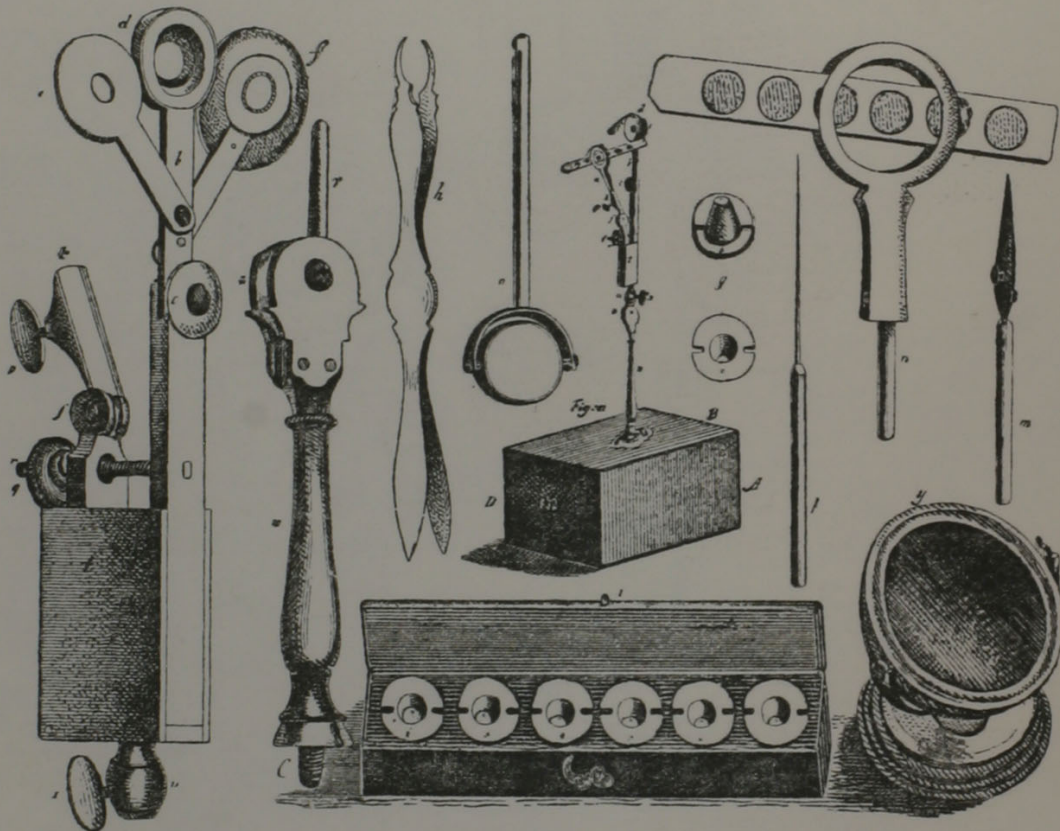


Fig. 35. Mikroskop von Milchmeyer¹⁾ (Nürnberg oder Frankfurt a. M.), benutzt von Ledermüller (1765).

beiden letzterwähnten Mikroskope sind für die mikroskopische Beobachtung anatomischer Objekte ersonnen, gelegentlich aber auch für andere Zwecke verwendet worden.²⁾

¹⁾ Das von Ledermüller meist benutzte Instrument. In der Mitte bei Fig. a die verkleinerte Totalansicht des aufgebauten Mikroskops, daneben in etwas grösserem Massstabe seine Theile. Die in einem Satz von sechs Stück beigegebenen hutförmig gefassten Linsen wurden bei d eingesetzt; f ist ein Spiegel nach Lieberkühn; der mit dem Objektträger beschickte Arm a wurde bei k eingesetzt; das Mikroskop konnte auch umgelegt werden, und dann benutzte man den Spiegel y zur Beleuchtung von unten her.

²⁾ Das Instrument Fig. 37 und 38 ist von J. G. Mitsdörffer zu Berlin 1750 verfertigt, wie die Inschrift besagt. Die messingne, vergoldete Platte, auf der vermittelst der Haken der Frosch und sein Mesenterium bequem aufgespannt werden kann, ruht auf drei Füßen, mit denen sie durch das Nussgelenk pq verbunden ist; das Instrument ist nach Ledermüller's Angabe mitsammt dem Dreifuss etwa 54 cm hoch und 30 cm breit; Fig. 38 bei g durch i wird die Vergrößerungslinse von der

Ein besonderer Typus von einfachen Mikroskopen wurde in dem Mikroskop von Hartsoeker 1694 geschaffen, welches in Fig. 39 abgebildet ist¹⁾ und die schon vom vitrum pulicare her bekannte Röhrenform auch für Linsen mit kurzer Brennweite verwerthet. Die zwischen zwei Silberplättchen montirten Linsen, von denen ein Satz mit Brennweite von 4 Linien an bis herab zu $\frac{1}{10}$ Linie beigegeben war, wurden mit ihrer Fassung P an die Muschel AB angeschraubt, welche alles seitliche Licht vom Auge abhielt. OQCD stellt den eigentlichen Mikroskopkörper dar; in das Gewinde der Platte OQ wurde die Okularmuschel und in CD das zur feineren Einstellung dienende Stück IK eingeschraubt. Als Objekt-

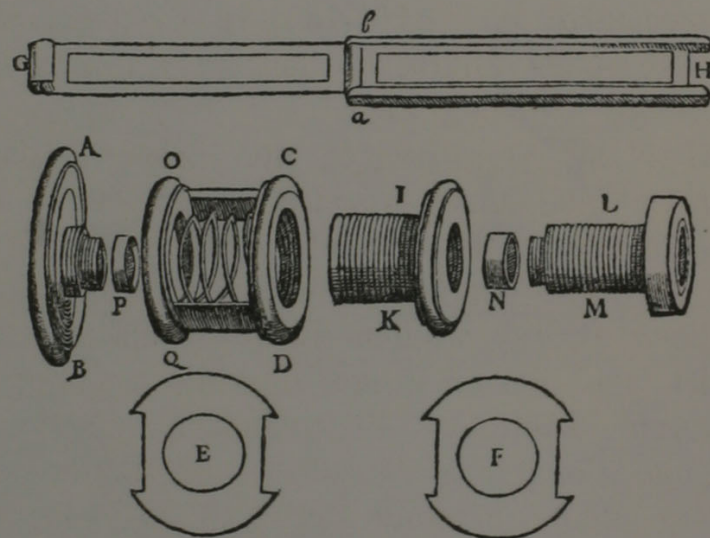


Fig. 39. Einfaches Mikroskop von Hartsoeker (1694).

halter benutzte Hartsoeker den kupfernen Rahmen GH, dessen schmäleres Stück G um ein Scharnier bei ab auf das mit überstehenden Leisten versehene Stück H geklappt wurde. Durch diese

anderen Seite her — Fig. 37 bei l — eingeschraubt; s und t sind zwei verschiedene Linsen, deren fünf vorhanden waren. Das Mikroskop Fig. 36 liess sich Ledermüller nach dem Lieberkühn'schen, des billigeren Preises wegen, aus Holz nachbilden. Links sieht man die Vorder-(Linsen-)Seite mit dem auf Musschenbroek'sche Art ausgerüsteten Mikroskop; g die Linse, l ein Nussstück, m der Hornring und o die Linse nebst Fassung; dieselbe wird durch den Drahttring n im Ring m befestigt. Um das Instrument auch für andere Objekte, als Froschmesenterien etc., benutzen zu können, wurde bei t noch ein Halter für die Stifte p und q zum Aufstecken der Sachen angebracht; die Löcher d sind für die Zwecken ·· für den Frosch; · ist eine starke Stecknadel zum Befestigen des Gekröses; q ist ein „Schiebergläschen“ (unseren Objektträgern oder vielmehr Deckgläschen entsprechend) für durchsichtige Gegenstände, Flüssigkeitstropfen etc. in einer Pincette.

¹⁾ Eine genaue Beschreibung desselben findet sich in Hartsoeker's essay de dioptrique, art. XXXV., S. 174 u. f. unter der Ueberschrift „Description d'un microscope à une seule lentille“. Ich vermuthe, das Mikroskop wurde aus hartem Holz gedreht; eine Angabe darüber habe ich vermisst.

Vorrichtung wurden zwei dünne Platten von Glimmer (bezw. Glas), zwischen denen die Objekte lagen, zusammengehalten. Der Objektschieber wurde seitlich zwischen die beiden Platten E und F aus dünnem Kupferblech eingeschoben, welche in der Hülse OQCD lagen und von einer Spiralfeder gegen einander sowie gegen CD gedrückt wurden; durch Hin- und Herschrauben von IK, dessen oberes Ende die Kupferplatten mit dem Objektträger an den Seitenstücken OC und AD verschob, geschah die feinere Einstellung. N ist eine Beleuchtungslinse, welche auf LM und mit diesen in IK geschraubt wurde; die Schraubengänge ermöglichten eine genaue Einstellung derselben. Dies in mancher Beziehung vervollkommnete Instrument wurde für ganz kleine, durchsichtige Objekte angewandt. Zur Untersuchung grösserer Gegenstände im auffallenden Licht benutzte Hartsoeker ein zusammengesetztes Mikroskop mit zwei Linsen und einer Beleuchtungslinse für seitliches Licht¹⁾.

Nach Harting vergrösserten die kleinsten Gläser des Hartsoeker über 1000 mal, und bestanden höchst wahrscheinlich aus den kleinen, geschmolzenen Glaskügelchen, deren man sich zu jener Zeit vielfach an Stelle der geschliffenen Linsen bediente. Leeuwenhoek und auch Baker wollten zwar von diesen Kügelchen nichts wissen, es ist aber ausser Frage, dass die besseren derselben sehr brauchbar waren. Zahlreiche Mikroskopiker befassten sich mit der Anfertigung und Benutzung derselben. Als Erster wird R. Hooke 1665 in dieser Reihe erwähnt. Er gab in seiner *micrographia* (s. Lit.) die Bereitung solcher Vergrösserungskügelchen aus Fäden von venetianischem Spiegelglas vor dem Löthrohr genau an. Butterfield machte sie aus Glaspulver, das mittelst einer angefeuchteten Nadel in eine Weingeistflamme gehalten wurde (1677, *Philos. transact.* S. 226). Auch Zahn zählt l. c. 2. Auflage S. 530 mehrere Verfertiger solcher Kügelchen nebst ihrer diesbezüglichen Technik auf; als ersten Gewährsmann nennt er einen Pater Marius Bettinus, dann de Hudd in Amsterdam (nach Harting der Bürgermeister Hudde), der die betreffenden Mikroskope, worunter auch eins mit einer zweiten, zur

¹⁾ l. c. art. XXXVI—XXXVIII.

Etwa gleichzeitig wie Hartsoeker konstruirte Isaac Vossius ein einfaches Mikroskop in Röhrenform. Vgl. darüber die Angaben von Bonanni (s. Lit.), der sich auf Monconny bezieht und schreibt: *clarus fuit etc. Isaac Vossius Hagae Comitatus commorans ob Microscopium cum una sola lenticula, inclusa parvo ligno, quod ductile est post parvam tabulam nigram excavatam ad formam oculi et perforatam in medio, ut perspiciatur per parvum foramen.* (... berühmt... war Isaac Vossius, wohnhaft s'Gravenhaag, wegen seines Mikroskopes mit einer einzigen Linse, die in einem kleinen Holz(röhrchen) eingeschlossen war, das ausgezogen werden konnte, hinter einem kleinen, schwarzen Täfelchen, dem Auge angepasst und in der Mitte für die Durchsicht von einem kleinen Loche durchbohrt.)

Beleuchtung des Objekts bestimmten Linse von Monconny erhalten hatte, sowie F. Schrader¹⁾; die letzterwähnten Autoren verfertigten diese Kügelchen durch Schmelzen kleiner Glasstücke. Auch Muschenbroek benutzte solche Glaskügelchen zu einigen seiner Mikroskope²⁾; ferner veröffentlichte Adams 1710³⁾ eine der erwähnten gleiche Methode; Hertel (l. c. S. 72) und auch Gray⁴⁾ machten die Kügelchen auf Kohle vor dem Löthrohr. Besonders berühmt durch seine kleinen Glaskügelchen waren Pater Giovanni Maria della Torre⁵⁾ aus Neapel und sein Schüler Antonio Barba; der erstere lieferte, wie uns Priestley (s. Lit.) berichtet, 1765 vier solcher winzigen Kügelchen, die 2, 1, 0, 5 Pariser Punkte im Durchmesser hatten und 640- bis 2560mal vergrösserten, an die royal society. Baker konnte nach seiner Erklärung⁶⁾ dieselben nicht gebrauchen, während della Torre selber und auch Andere, z. B. Lalande⁷⁾ damit sehr wohl im Stande waren, zu arbeiten.

Neuerdings (vergl. jedoch unten Kap. 6) ist die Benutzung solcher Glaskügelchen ziemlich aufgegeben worden, obschon uns noch Harting⁸⁾ eine genaue Angabe zur Anfertigung derselben mittheilt, auf die ich wohl einfach verweisen darf, ohne selbst näher darauf einzugehen. Die von ihm gefertigten Kügelchen lösten die 3. Gruppe der Nöbert'schen Testtäfeln vollkommen, die 4. mit Mühe auf.

Bei dieser Gelegenheit will ich auch die wiederholt aufgetretenen Bestrebungen erwähnen, Linsen oder für Mikroskope brauchbare Kügelchen aus anderem Material als Glas herzustellen. Schon Borellus (s. Lit.) machte 1655 in dieser Richtung den allerdings etwas wunderlichen Vorschlag, die Linsen aus Fischleim zu giessen.⁹⁾ Der vorerwähnte Gray¹⁰⁾ führte dies 1697 auch wirklich aus, nur goss er

¹⁾ Schrader, de microscopiorum usu. Gotting. 1681 (cit. nach Harting) auch Bonanni berichtet l. c. in seiner micrographia curiosa S. 18 über die von de Hudd bzw. Monconny verfertigten Glaskügelchen.

²⁾ Nach Hertel, Anweisung zum Glasschleifen. Halle, 1716.

³⁾ Adams, philosophical transactions 1710, S. 24.

⁴⁾ Gray, philos. trans. No. 221, 223.

⁵⁾ della Torre, nuove osservazioni microscopiche. Napoli 1776. — Antonio Barba, osservazioni microscopiche sul cervello, Napoli 1819; deutsch von Schönberg, Würzburg 1829.

⁶⁾ Philosoph. transactions, vol. 56, p. 67.

⁷⁾ Montucla, hist. des Mathématiques III., p. 511 — cit. nach Harting.

⁸⁾ Harting, l. c. III., S. 46 u. f.

⁹⁾ Borellus, l. c. lib. 2 de conspiciis im epilogus S. 51: nullam autem materiam aptiorem video gelatine piscium seu Ichthyocolla, qua jam fiunt imagines et flores etc. perspicui (ich halte keine Substanz für passender [dazu sc.] als Gelatine von Fischen oder Ichthyocolla, wovon schon durchsichtige Figuren, Blumen etc. gemacht werden) — dieser Stoff sei auch dem natürlichen Auge am ehesten entsprechend! (Vgl. auch die neueste Gelatinelinse in Kap. 13.)

¹⁰⁾ Gray, philosophical transactions 1697 — vgl. auch Quekett (s. Lit) S. 11.

den Leim nicht in Formen, sondern er liess auf beiden Seiten eines dünnen Glimmer- oder Glasplättchens zwei kleine Gelatinetropfen (Isinglas) fallen und erhielt so nach dem Erstarren eine Linse aus Leim. Ein Jahr vorher, 1696¹⁾ hatte Gray der royal society sein in Fig. 40 wiedergegebenes Wasserlinsen-Mikroskop präsentiert, dessen Vergrößerungslinse aus einem winzigen Wassertropfen bestand. Dieser wurde mit einer Nadel in die bei A befindliche, von beiden Seiten halbkugelig vertiefte, am Boden von einem $\frac{1}{30}$ Zoll kleinen Loche durchbohrten Höhlung des Kupferstreifens A B gebracht; der federnde Streifen G E diente als Objekthalter; feste Objekte wurden auf F befestigt, Flüssigkeiten kamen in Form eines kapillaren

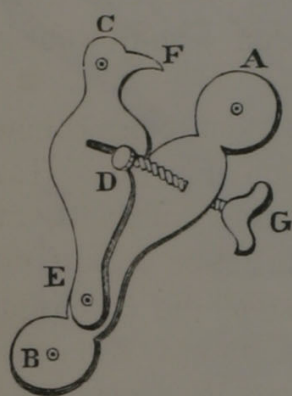


Fig. 40. Gray's Wasserlinsenmikroskop (1696).

Häutchens über die Oeffnung bei C; damit nach Bedarf F oder C vor die Wasserlinse in A gebracht werden konnte, hatte die um E drehbare Platte C E bei D einen die Einstellschraube D G umfassenden Schlitz. Zur Konstruktion dieses Wassermikroskopes hatte ihn die gelegentliche Beobachtung veranlasst, dass winzige Gegenstände, die sich dicht unter der Oberfläche in kleinen Glas- bzw. Wassertröpfchen befinden und durch den Tropfen hindurch von der anderen Seite des Durchmessers betrachtet werden, kolossal vergrößert erschienen. Gray gab auch die optische Erklärung dafür;

das kleine Loch B am Wassermikroskop dient zur eventuellen Aufnahme solcher Wassertropfen mit kleinen „Thierchen“ und deren Beobachtung ohne weitere Linsen. Mit diesem Instrumente sah er z. B. „kleine Thierchen“ in Bier, Wein, Speichel, ferner im Thau, im Regenwasser. Gray hat also vielleicht Hefen und sogar Bakterien mit seiner „Wasserlinse“ gesehen. Interessant ist seine Bemerkung, dass sich Leeuwenhoek wohl gewundert haben würde, wenn einer ihm gesagt hätte, er könne die von ihm entdeckten Thierchen in den kleinen Tropfen auch ohne Instrument vermittelt dieser selbigen Tropfen mit dem blossen Auge sehen.

Das Kupferblech, aus welchem das Mikroskop Fig. 40 verfertigt war, hatte eine Stärke von ca. $\frac{1}{16}$ Zoll; das Loch bei A war $\frac{1}{30}$ Zoll weit und lag am Grund einer das Blech in halber Dicke aushöhlenden Vertiefung. Auch von der anderen Seite her war das Kupfer ausgehöhlt, aber diese Höhlung besass nur den halben Durchmesser der ersteren; an der Peripherie des Loches war das Blech zugeschärft.

¹⁾ id. philos. transact. No. 221, p. 280 — Smith-Pezenas (s. Lit.) S. 707.

Ein anderes, in Fig. 41 abgebildetes Mikroskop gleichfalls mit einem Wassertropfen als Linse beschreibt Joh. Zahn in der 1702 erschienenen zweiten Auflage seines *oculus artificialis*. Er nennt das Instrument „*Novum inventum Microscopii sine vitro Anglicanum*“. A und D sind zwei Streifen Kupferblech von der bei E angedeuteten Dicke. Das Blech A trägt die ähnlich wie beim Gray'schen Mikroskop ausgehöhlte Vertiefung zur Aufnahme des kleinen Wassertropfens; der andere Streifen ist bei D mit einer kleinen Gabel zum Aufspießen des Objektes versehen. Das Mikroskop wurde Zahn in Nürnberg gezeigt von einem Fremden aus England, der auf der Durchreise nach Italien sich befand.

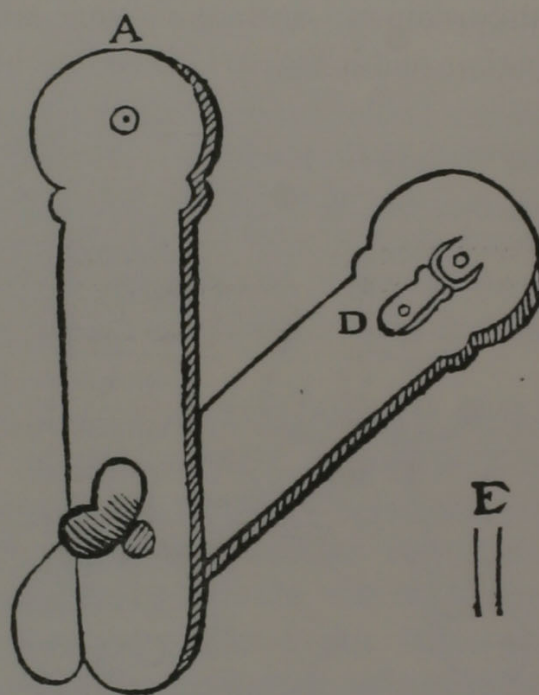


Fig. 41. Englischcs Mikroskop mit Wassertropfen-Linse nach Zahn, 1702.

Das in Fig. 39 abgebildete Mikroskop von Hartsoeker (1694) blieb noch während der ersten Jahrzehnte des folgenden Jahrhunderts ein Typus, nach welchem sich die Verfertiger einfacher Mikroskope richteten. Die Benutzung des Instrumentes wurde durch Hinzufügung von Handhaben und Stativen erleichtert. So entstanden z. B. die beiden von Wilson¹⁾ konstruirten in Fig. 42 und 43 wiedergegebenen Mikroskope 1702. Fig. 42 ist das „Taschenmikroskop“ von Wilson aus Elfenbein oder Metall mit dem einschraubbaren Griff I. Die Vergrößerungslinsen (ein Satz von 8 Stück) wurden in eine Schraubenmutter bei G eingeschraubt. Die Objektschieber M kamen zwischen die bei F und E befindlichen Kupferplatten und wurden durch die Stahlfeder H gegen den in AA eingeschraubten Tubus DCC angedrückt. Dieser Tubus trug im Innern bei C eine Beleuchtungslinse. Durch Schrauben an demselben wurde die feine Einstellung des Objektes bewirkt. Für die Beobachtung wurde das Instrument gegen den klaren Himmel oder gegen eine weisse, das Sonnenlicht reflektirende Fläche, gegen einen Spiegel, auch gegen eine künstliche Lichtquelle gerichtet. Zur besseren Bequemlichkeit, speziell zum Zeichnen, um die Hände frei zu bekommen, wurde das Instrument, wie Fig. 43 zeigt, mittelst eines Statives auf dem als Fuss dienenden Aufbewahrungskästchen befestigt,

¹⁾ Wilson, *Philosophical transactions* 1702, p. 1241. — Abbildungen nach Ledermüller.

welches bei D einen Beleuchtungsspiegel trug. Mikroskope nach Art der Fig. 43 datiren von etwa 1740. Sie erinnern wenigstens in ihrem äusseren Habitus an die späteren Instrumente. Der Beleuchtungsspiegel für Beobachtungen im durchfallenden Licht, welchen Baker (s. Lit.)¹⁾ als etwas Neues hervorhebt, war schon früher beim zusammengesetzten Mikroskop in Gebrauch und auch bei älteren, einfachen Mikroskopen, z. B. dem von Musschenbroek hinzugefügt worden (vgl. g und h Fig. 27). Zweifelsohne darf die Form Fig. 43 für das ein-

Fig. 1.

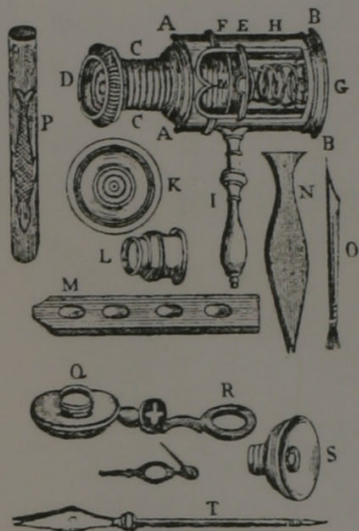


Fig. 42. Taschenmikroskop.

Fig. 2.

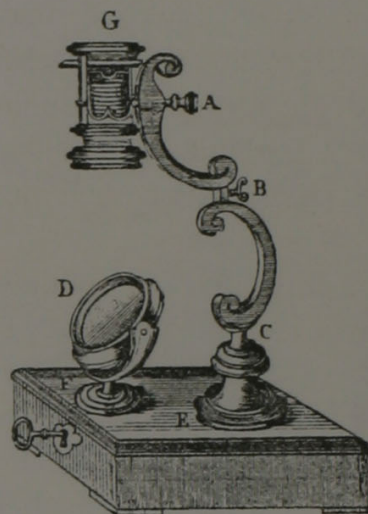


Fig. 43. Mikroskop mit Stativ.
Mikroskope nach Wilson (1740).

fache Mikroskop als ein Fortschritt gelten.²⁾ Die Wilson'schen Linsen vergrösserten nach Harting bis 400 mal.

Etwas anders konstruirt wie das Wilson'sche Instrument ist ein von Lieberkühn viel benutztes Mikroskop, Fig. 44, dessen optische Einrichtung aus dem Durchschnitt Fig. 45 ersichtlich ist. Die kleine Vergrösserungslinse von $\frac{1}{2}$ Zoll engl. Brennweite befindet sich bei A; l ist ein metallener Hohlspiegel mit centraler Durchbohrung der zur Beleuchtung des auf C befestigten Objektes diente; B ist eine grössere

¹⁾ Baker, Microscope made easy, 1744.

²⁾ Van Heurck hatte 1891 in Antwerpen bei seiner microscopie rétrospective bezeichneten Kollektion auch ein von Jacob Lommers 1758 zu Utrecht verfertigtes Instrument nach Wilson ausgestellt, welches dadurch besonders interessant war, dass auf die bei g (Fig. 43) einzuschraubenden Linsen an einem besonderen Schraubengang ein kurzer mit einem Okular versehener Tubus aufgesetzt werden konnte, wodurch sich das einfache Mikroskop in ein zusammengesetztes verwandelte. Van Heurck, le Microscope, p. 290 und Rapport du Jury de l'exposition (s. L.), p. 10.

Sammellinse, um das Licht zu verstärken. Der Objekthalter kann bei D verstellt werden. Das Mikroskop wurde, wie Fig. 44 zeigt, ähnlich wie das Wilson'sche Taschenmikroskop an dem Griff gegen die Lichtquelle gehalten. Ein Vergleich des Durchschnit-tes in Fig. 45 mit Fig. 1 und 2 des ersten Kapitels ergibt die gewiss nicht uninter-



Fig. 44.
Lieberkühn'sches
Mikroskop.

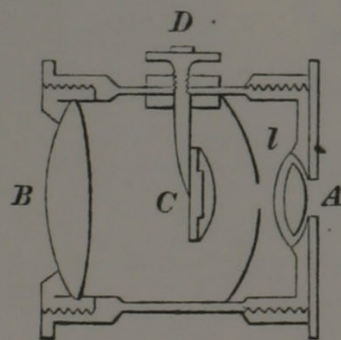


Fig. 45. Durchschnitt durch
das vorige Mikroskop.

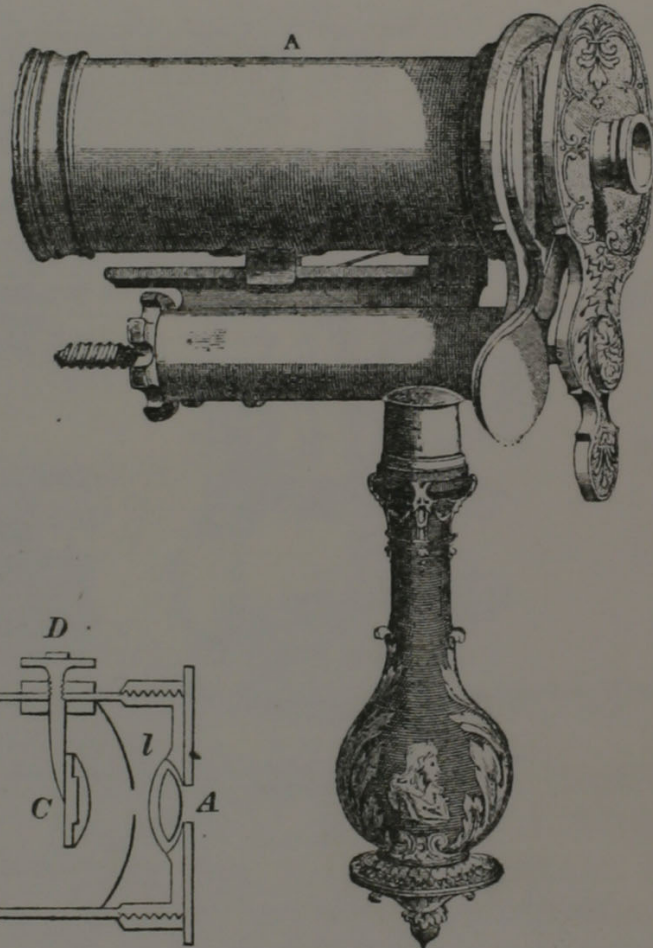


Fig. 46. Mikroskop
von Joblot um 1716¹⁾.

essante Thatsache, dass zwischen diesem Lieberkühn'schen Mikroskop und den etwa 100 Jahr früher von Descartes angegebenen Instrumenten eine überraschende Uebereinstimmung besteht wenigstens hinsichtlich der optischen Einrichtung.

Sehr exakt gearbeitete und künstlerisch verzierte Mikroskope von ähnlichem Bau wie die zuletzt beschriebenen verfertigte im Anfang des 18. Jahrhunderts Joblot, Professor an der academie royale de

¹⁾ Joblot (s. Lit.), *Déscriptions et Usages de plusieurs nouveaux Microscopes*, Paris 1718. — Auch auf der Ausstellung zu Antwerpen 1891 waren Joblot'sche Mikroskope; eine ähnliche Abbildung wie die Fig. 46 ziert das Titelblatt des *Rapport du Jury* (s. Lit.).

Peinture et sculpture zu Paris. Eins seiner einfacheren Instrumente 1716 findet sich abgebildet bei Harting l. c. III. S. 52. Die Abbildungen eines vollendeteren Mikroskops in Fig. 46 und 47 habe ich dem 1718 erschienenen Werke von Joblot entlehnt. Fig. 46 ist die Totalansicht, Fig. 47 zeigt die innere Einrichtung.

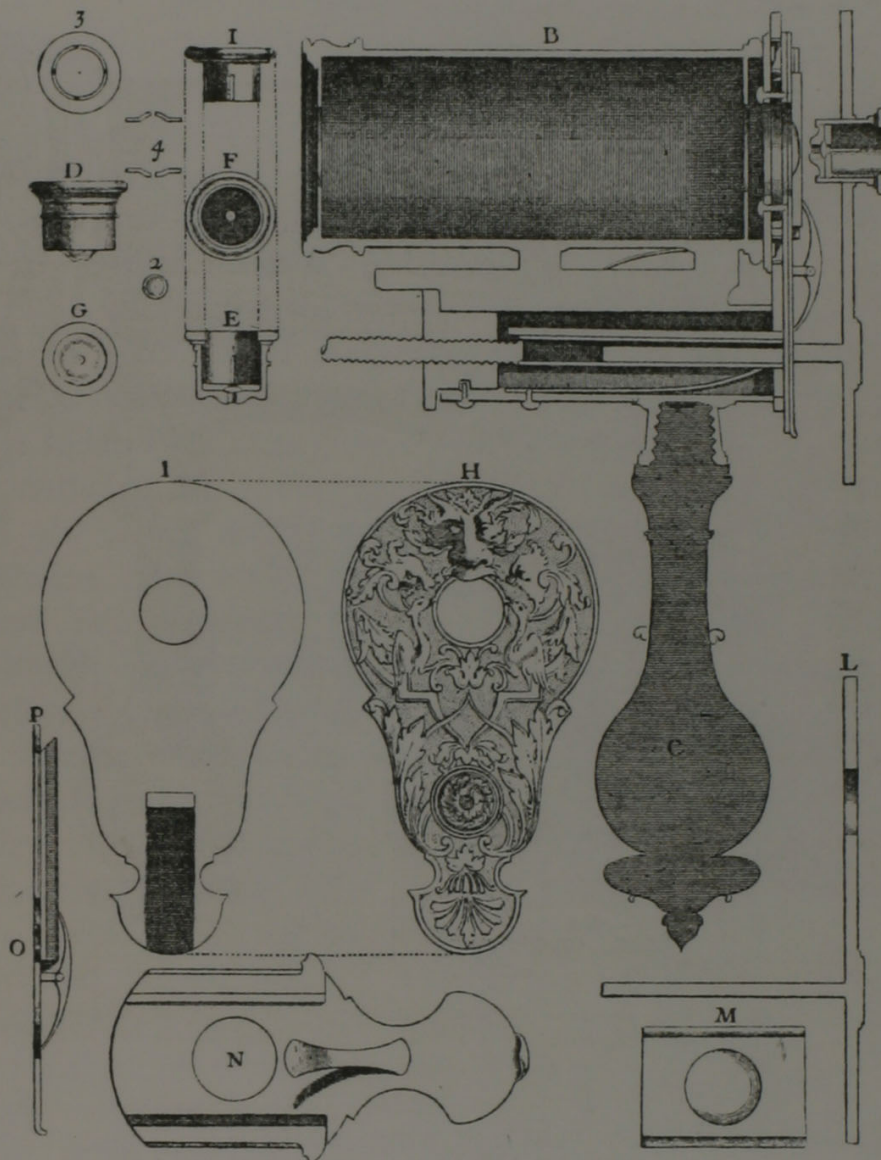


Fig. 47. Innere Einrichtung des Joblot'schen Mikroskopes, 1718.

Schauplatte und Griff des Instrumentes waren reich verziert. Die Röhrchen mit den Linsen (D, I, F, G, E) wurden in die Mitte der Frontplatte H eingesetzt. Der Objektschieber M mit dem Objekt kam in die Schlittenvorrichtung N und diese wurde alsdann in den Spalt zwischen die Platte H und das Rohr A eingeschoben, woselbst sie die bei O sichtbare Feder festklemmte. Die Einstellung der Linse geschah durch Drehen an der in Fig. 46 links unterhalb des Rohres A sichtbaren Schraube. Das aus Ebenholz gefertigte Rohr diente

zur Abhaltung seitlichen Lichtes. Die Einrichtung der Linse, ihre Fassung und Einfügung in die Okularplatte erhellt aus der Fig. 47, B, D, E, F, G, I, 2, 3 und 4. Die Benutzung des Instrumentes zeigt Fig. 48, eine aus dem Joblot'schen Werke entlehnte Vignette. Wie die kleine Abbildung beweist, benutzte man neben diesem Instrumente auch zusammengesetzte Mikroskope, von denen je ein Exemplar rechts am Boden und links am Fenster aufgestellt ist.

Die bisher vorgeführten einfachen Mikroskope besaßen zwar zum Theil schon das, was wir heutzutage das „Stativ“ nennen, aber nur in primitiver, unvollkommener Form. Die Tragapparate für die Linsen und für die Objektschieber oder Objekte und an dritter Stelle der Beleuchtungsspiegel waren noch nicht derart miteinander verbunden, dass eine ausreichend freie und dennoch sichere Bewegung und Fixirung derselben sich mühelos bewerkstelligen liess. Das „verbesserte“ Musschenbroek'sche Instrument in Fig. 27 g besaß zwar die erwähnten drei Apparate für Linse, Objekt und Beleuchtungsspiegel in relativ freier Beweglichkeit, aber — das ganze Instrument schwebte gewissermassen in der Luft, da es ja am Griff gehalten werden musste. Seine Befestigung an einer senkrechten Tafel, wie Fig. 27, h im anatomischen Mikroskop nach Lieberkühn zeigt, schaffte zwar einen festen Fuss, war aber für die Handhabung und Benutzung höchst unbequem, was man einer verunglückten Kombination von Instrumenten, die ganz verschiedenen Zwecken dienen sollten, gar nicht verdenken kann. Ein etwas zweckmässigeres „Stativ“ besaß schon die Ledermüller'sche Zusammenstellung eines Cirkelmikroskopes von Fig. 33. Allerdings waren Linsenträger, Objekthalter und besonders der Beleuchtungsspiegel nur allzu locker mit einander verbunden. Vor allen Dingen fehlte es an der Möglichkeit, alle drei zusammen durch eine Bewegung der Lichtquelle zu nähern bzw. von derselben zu entfernen. Dies gestattet zwar das Wilson'sche Modell, Fig. 43, aber leider ist an diesem Instrument die Unabhängigkeit zwischen Linsenträger und Schieberträger verloren gegangen. Die Entwicklung des zusammengesetzten Mikroskopes hatte inzwischen diese Mängel überwunden und wurde nun auch für das einfache Mikroskop massgebend. Das in Fig. 49 abgebildete um 1750 verfertigte Mikroskop von Cuff ist als ein Fortschritt im eben geschilderten Sinne zu erwähnen.

Das von Ellis¹⁾ zur Untersuchung von Wasserthierchen empfohlene Instrument wurde auf das Aufbewahrungskästchen aufgeschraubt. Die Linsen F, G (mit Leeuwenhoek-Lieberkühn'schem Spiegelchen) kommen in das dazu bestimmte Gewinde des Armes E, welcher sich in der

¹⁾ Ellis, Essay towards a natural History of Corallines, London 1755 (nach Harting).



Fig. 48. Arbeitsraum eines Mikroskopikers nach Joblot, 1718.

Hülse X verschieben lässt. Diese Hülse ist am oberen Ende des Horizontalstabes D befestigt; durch Drehen sowie Auf- und Abwärtschieben des runden Stabes D in einer am Kopfende des feststehen-

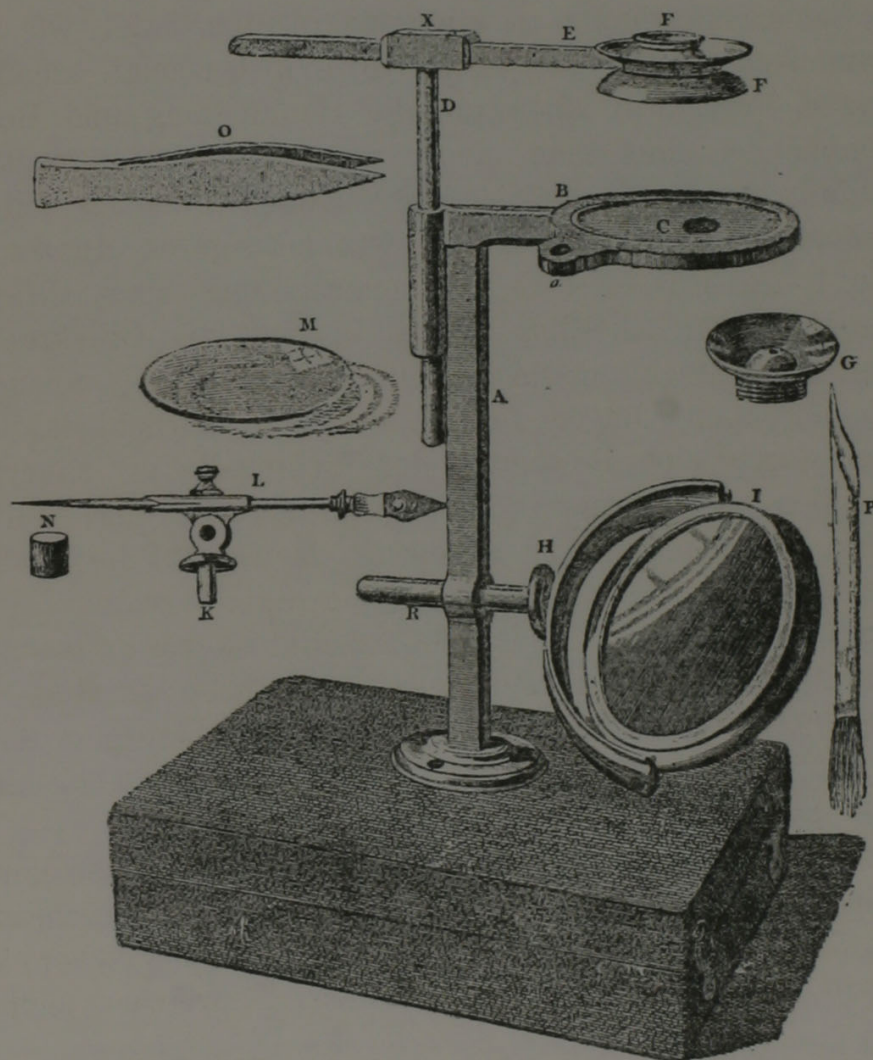


Fig. 49. Mikroskop nach Cuff. Wassermikroskop von Ellis, 1750.

den vierkantigen Stabes A festsitzenden Hülse kann die Linse in beliebige Stellung gebracht werden zu dem an einem Seitenarm B befestigten Objektisch. Letzterer besteht aus einem Metallring, in welchen eine plane Glasscheibe C oder auch ein Uhrgläschen M behufs Aufnahme der Objekte eingesetzt werden kann. Für undurchsichtige Gegenstände befindet sich bei C ein schwarzer Fleck. Das seitliche Loch a dient zur Aufnahme des Zapfens K, einer kleinen nach allen Richtungen beweglichen Vorrichtung L, vermittelt welcher verschiedene Objekte fixirt werden können, ev. unter Zuhilfenahme des Pinsels P. Dies Mikroskop war schon recht brauchbar und darf wohl als Prototyp unserer jetzigen „einfachen“ oder Präparir-Mikroskope angesehen werden. Mangelhaft war noch die Einstellung durch Verschieben mit der Hand ohne Anwendung von Trieben oder Schrauben, trotzdem diese Mechanismen zu Einstellvorrichtungen schon vielfach Verwendung gefunden hatten. Uebrigens verbesserte Cuff auch dieses einfache Mikroskop und versah es mit einer ähnlichen Vorrichtung zum feinen Einstellen, wie sie sein später zu erwähnendes zusammengesetztes Mikroskop bereits besass.

Einfache Mikroskope nach dem Typus des Cuff'schen ohne wesentliche Verbesserungen wurden in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts von deutschen und ausländischen Firmen viel verfertigt. Auch den Vorrichtungen zur feineren Einstellung widmete man alsbald mehr Sorgfalt. Es war dies umsomehr nöthig, als ja diese Instrumente zu Beobachtungen mit stark vergrößernden Linsen dienen sollten, wobei die Einstellung durch Verschieben der Theile mit der Hand ohne Zuhilfenahme von Zahn und Trieb ihre Missstände hatte. Die Einstellmechanismen des Wilson'schen Mikroskopes, ferner der von Joblot verfertigten Instrumente, u. a. insbesondere aber der inzwischen schon erheblich vervollkommeneten zusammengesetzten Mikroskope mussten mutatis mutandis auch auf die neue Form des einfachen Mikroskopes übertragen werden. Als Beispiel eines in dieser Beziehung verbesserten Instrumentes sei das Mikroskop des Vincenz Mazzola aus Wien erwähnt, Fig. 50. An der feststehenden vierkantigen Stativsäule a ist bei f der Arm g für die Vergrößerungs-

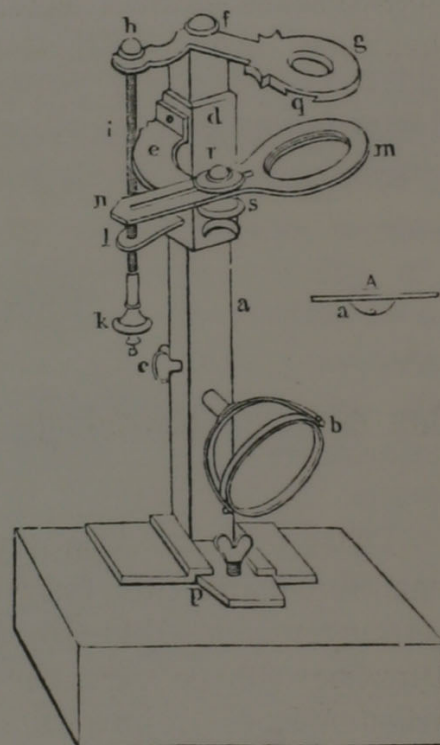


Fig. 50. Mikroskop von Vincenz Mazzola, Wien.

linsen durch die Schraube f befestigt. Bei q werden die in A in seitlicher Ansicht abgebildeten Schieber mit den Glaskügelchen eingeschoben. Die Objekte kommen in den ringförmigen Objektisch m. Dieser ist vermittelt der vierkantigen Hülse d längs der Säule a verschiebbar. Die Verschiebung wird regulirt und fein eingestellt durch die (Mikrometer-) Schraube i k, welche bei h ihren festen Punkt und bei l ihren Angriff auf dem angenieteten Seitenarm der Hülse d hat. Durch die Vorrichtung bei r und s können seitliche Verschiebungen des Objektisches bewirkt werden. Bei b ist der Beleuchtungsspiegel, bei p die Feststellvorrichtung für das abnehmbare Stativ. Die feine Einstellung wird demnach durch vertikale Verschiebungen des Objektisches bewirkt, ein bei vielen älteren und neueren Mikroskopen theilweise jetzt noch in Gebrauch befindliches Prinzip.

Fünftes Kapitel.

Das einfache Mikroskop in der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts.

Das einfache Mikroskop hatte im Laufe des 18. Jahrhunderts eine fortschrittliche Entwicklung durchgemacht, welche für die Leistungen der Mikroskopie entschieden segensreich gewesen ist. Allerdings dürfen wir nicht vergessen, dass z. B. die staunenswerthen Arbeiten eines Leeuwenhoek, die zum Theil noch in das 18. Jahrhundert hineinragen, mit verhältnissmässig recht unvollkommenen Instrumenten gemacht worden sind. Auf der anderen Seite muss jedoch dankbar anerkannt werden, dass die Vervollkommnung der einfachen Mikroskope jener Zeit die Grundtypen geschaffen hat, nach denen auch heute noch das „einfache“ oder „Präparir-Mikroskop“, wie wir es jetzt nennen, verfertigt wird. Wir haben gesehen, dass die gemeinhin als Nebentheile bezeichneten Bestandtheile des Mikroskopes sowohl einzeln als auch in ihrer zweckmässigen Kombination nach und nach zur Anwendung gebracht sind. Stativ, Objektisch, Beleuchtungsapparat, Einstellmechanismen — alles dies ist erfunden und bis zu einem gewissen Grade der Vollkommenheit verbessert worden. Eins, und zwar das für die Erweiterung unseres mikroskopischen, speziell bakteriologischen Wissens Wichtigste, der sogenannte optische Apparat, nahm zunächst an diesem Fortschritt nicht Theil. Von der Kunstfertigkeit der Alten, nach Art der Stein-

schleifer kugel- und linsenförmige Körper auch aus Glas herzustellen, bis zu der „Schule“ eines Leeuwenhoek im „Glasschleifen“ ist gewiss ein nicht zu unterschätzender Fortschritt. Selbst die in das vorige Jahrhundert fallende „Erfindung“ der kleinen, zum Mikroskopieren benutzten, durch Schmelzen hergestellten Glaskügelchen, können wir zwar wohlwollend als einen mässigen Fortschritt der optischen Technik anerkennen, die zielbewusste Verbesserung der Linsen durch Korrektur ihrer physikalischen Mängel ist jedoch eine Errungenschaft erst des laufenden Jahrhunderts. Allerdings steht auch dieses Werk auf den Schultern unserer Vorfahren. Die Physiker waren sich über die Unvollkommenheit der Bilder, welche auch die besten damals bekannten Linsen lieferten, längst klar. Die Begriffe der sphärischen und der chromatischen Aberration etc. sind schon im 17. Jahrhundert diskutiert worden. Die Auflösungsfähigkeit und die Lichtstärke der Linsen wusste man zu unterscheiden und suchte sie durch zweckmässige Konstruktion zu steigern.

Einfache Linsen und Lupen.

Diese gehören logisch zu den „einfachen Mikroskopen“, deren einfachste Art sie repräsentieren. Linsen, Lupen und einfache Mikroskope, *sensu strictiore*, haben miteinander gemein, dass sie bei ihrer Benutzung ein vergrössertes, aufrechtes, virtuelles Bild des Objektes entwerfen. In dieser Hinsicht ist es daher angebracht, sie in dem gleichen Kapitel unter der gemeinsamen Ueberschrift „Einfaches Mikroskop“ abzuhandeln. Hier folgen zunächst die den Bakteriologen besonders interessirenden Angaben aus der Geschichte der Linsen und Lupen in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts. An erster Stelle sind die zielbewussten und wenigstens von theilweisem Erfolg gekrönten Bestrebungen zu erwähnen, die optischen Mängel auszugleichen.

Die Ergebnisse dieser Bestrebungen traten als brauchbare Verbesserungen der optischen Apparate erst im Anfang des 19. Jahrhunderts in die Erscheinung. Auch die Lupen und einfachen Mikroskope nahmen daran Theil. Es ist zweckmässig, die Weiterentwicklung beider getrennt zu behandeln.

Die ersten Versuche durch Herrichtung der Linsen selbst deren optische Mängel zu korrigiren, rühren von Wollaston her.¹⁾ Derselbe legte zwei plankonvexe Linsen mit ihren planen Flächen aufeinander und schnitt die Randstrahlen, welche die Güte des mikroskopischen Bildes am meisten beeinträchtigen, durch einen dazwischen gelegten, metallenen Ring ab. Er benutzte also eine Linsenkombination mit

¹⁾ Philos. Transact. 1812, p. 375.

zwichengeschalteter Blende. Solche Linsen nannte er „periskopische“. Brewster¹⁾ machte darauf aufmerksam, dass man zur Vermeidung von Lichtverlusten etc. den Raum zwischen beiden Linsen mit einem Medium ausfüllen müsse, welches das Licht annähernd wie das Glas breche, z. B. mit Canadabalsam. Den gleichen Effekt erzielte er durch Benutzung einer Glaskugel, deren äquatoriale Zone durch einen ringförmigen Schliff entfernt war (Fig. 51). Der Gedanke fand alsbald Nachahmer, und so entstanden die Fig. 51 bis 54 skizzierten Lupen-typen, welche unter der gemeinsamen Bezeichnung „Vogelaugen-



Fig. 51.



Fig. 52.

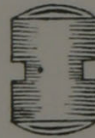


Fig. 53.



Fig. 54.

Vogelangen-Linsen nach Wollaston, Brewster, Coddington.

linsen“, coneopside, ihrer unleugbaren Vorzüge wegen auch heute noch in Gebrauch sind. Coddington²⁾ gab der Rinne die in Fig. 52 und 53 angedeutete Form und setzte die Lupe auch aus zwei mit

den planen Flächen aufeinandergekitteten Stücken zusammen, welche aus der Mitte von Linsen mit verschiedenem Krümmungsradius ausgeschnitten waren. Auf die Form des äquatorialen Ausschnittes kommt es dabei weniger, wohl aber auf dessen Tiefe an. Am wenigsten hinsichtlich der Verbesserung der sphärischen Aberration leisten deshalb die Cylinderlupen vom Typus der Fig. 54. Obschon diese

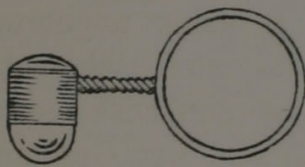


Fig. 55.
Stanhope's Cylinderlupe.

Lupen Vergrößerungen von etwa 10 bis 25fach linear erzielen, sind sie doch mit dem sehr störenden Fehler behaftet, dass sie eine sehr kurze Brennweite haben und deshalb ihre Verwendung zum Präparieren recht beschränkt ist. Dies gilt in noch höherem Grade von der Stanhope'schen Cylinderlupe, Fig. 55, die in eine metallene, mit ringförmigem Handgriff versehene Fassung gebracht ist. Beide Endflächen des Cylinders sind konvex; die stärkere Konvexität wird ans Auge gehalten. Der konvexe Schliff der anderen Grundfläche soll nur die sphärische Aberration der Okularfläche korrigieren. Zugleich dient diese Fläche zur Anheftung der Objekte, denn die Krümmung der Okularfläche und die Länge des Cylinders sind so berechnet, dass die auf

¹⁾ Brewster, Treatise on the microscope, Edinb. 1837, s. Lit.

²⁾ Philos. Transact. 1830, p. 69.

der weniger gekrümmten anderen Fläche aufgeklebten kleinen Gegenstände gerade eben scharf und vergrössert (30 bis 80mal)¹⁾ gesehen werden. Hieraus erhellt schon die geringe Anwendungsfähigkeit solcher Linsen, ganz abgesehen von der (auch von Harting gerügten) Unmöglichkeit, den Unterschieden in der Sehweite verschiedener Personen gerecht zu werden. Wer solche Linsen benutzen will, muss sich die für ihn gerade passende aussuchen. Für wissenschaftliche Zwecke sind sie daher wohl weniger als vielmehr für Dilettanten in Gebrauch gekommen. Uebrigens erinnern sie durch ihre stark gekrümmte Okularfläche an die im 1. Kapitel erwähnte, in Fig. 3 abgebildete lens cyclohyperbolica des Kircher; so wie bei dieser, kann man auch bei den neuen Cylinderlinsen die stärker gekrümmte Fläche dem Objekte zukehren und dadurch einen etwas grösseren Objektstand ausnutzen. Schliesslich sei noch erwähnt, dass kleine, nach dem Prinzip von Stanhope konstruierte Linsen, die häufig nur aus einem vierkantigen Glasstück vom Durchschnitt der Fig. 56 bestehen, als Spielerei eine grosse Verbreitung unter dem Laienpublikum gefunden haben. Die vergrössernde Fläche ist stark gewölbt, das zur Aufnahme des Objekts dienende andere Ende einfach plan geschliffen. In zwei Anwendungsformen findet man diese kleinen Vergrösserungsapparate fast überall. Am bekanntesten dürften die schon früher erwähnten, als Verzierung von geschnitzten Federhaltern, Messern und anderen kleinen Gegenständen dienenden Lupen sein, auf deren Objektfläche eine winzige durchsichtige Photographie aufgeklebt ist, die man beim Durchsehen durch ein kleines Loch, in welchem die Linse steckt, etwa 10 bis 20mal vergrössert erblickt. Die zweite ebenfalls weit verbreitete Sorte gehört, wie die vorige im Sinne Zahns (vgl. Kap. 3) zu den *microscopia ludica curiosa*. Bei diesen ist die Linse etwas grösser und wohl auch sorgfältiger gearbeitet. Sie steckt meist in einem Kork oder ähnlichem billigen Material und ist in eine kleine central durchbohrte Blechscheibe gefasst, die wie ein Deckel auf ein etwa 5 bis 6 cm langes, 2,5 cm weites Blechröhrchen passt. Die plane Objektfläche ragt über den Kork in das nur zum Schutze dienende Röhrchen vor. Die Objekte werden auf die kleine Glasfläche geklebt und das so beschickte „Universalmikroskop“ gegen die Lichtquelle gehalten.



Fig. 56. Kleine, stabförmige Linse mit Kugelfläche.

Die bisher erwähnten Lupen haben eine Verwendung für bakteriologische Arbeitszwecke wohl kaum gefunden. Als die junge Bakteriologie in den Wettbewerb zur Erweiterung unserer Kenntniss

¹⁾ Diese Linsen wurden von Lerebours in Paris gefertigt. *Comptes rendus*, 1841, 29. Mars.

von den kleinsten Lebewesen eintrat, waren aber ihre älteren Geschwisterwissenschaften schon längst im Besitze guter Lupen, deren sie sich nur zu bedienen brauchte.

Für die wissenschaftliche, insbesondere die bakteriologische Arbeit werden an Lupen und einfache (Präparir-) Mikroskope hauptsächlich drei Anforderungen gestellt: sie sollen bei etwa 5 bis 50 facher Vergrösserung erstens ein scharfes, lichtstarkes Bild geben, zweitens ein Gesichtsfeld von ausreichender Grösse und Tiefe haben und drittens einen reichlich bemessenen Abstand vom Objekt besitzen, damit man das letztere bequem mit den zum Präpariren erforderlichen Instrumenten bearbeiten kann (Arbeitsabstand). Die in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts angefertigten Lupen und einfachen Mikroskope entsprechen diesen Anforderungen theilweise schon in ausreichendem Masse, so dass einige der Konstruktionen sich auch jetzt noch in Benutzung befinden. Andererseits trugen die Werkstätten für einfache Mikroskope aber auch noch weitergehenden Anforderungen Rechnung, die aus dem vorigen Jahrhundert überkommen waren, nach denen das einfache Mikroskop nicht allein zum Präpariren oder zu Beobachtungen mit schwachen Vergrösserungen benutzt werden, sondern auch zu Studien mit starken Vergrösserungen ausreichen sollte. Daher ist es denn gekommen, dass viel Scharfsinn und Kunstfertigkeit auf diese Seite der Vervollkommnung der einfachen Mikroskope verwendet worden ist, eine Arbeit, die nach der Deposidierung des einfachen Mikroskopes für den letzterwähnten Zweck durch das zusammengesetzte Mikroskop jetzt nur noch historischen Werth hat, abgesehen davon, dass manche Errungenschaften auch für das zusammengesetzte Mikroskop direkte Verwendung fanden.

Der erste wesentliche Fortschritt auf dem Wege zur Vervollkommnung des optischen Theiles der mikroskopischen Apparate war die Kombination zweier oder mehrerer Linsen zu einem Systeme. Schon Divini, Sturm, Grindl von Ach, Joblot, Adams u. A. hatten dieses Prinzip bei ihren zusammengesetzten Mikroskopen in den vorangegangenen Jahrhunderten angewandt.¹⁾ Weiter unten komme ich auf diese Mikroskope zurück. Die beiden Linsen müssen, um beste Wirkungen zu erzielen, plankonvex sein. Ihre optischen Axen sollen möglichst zusammenfallen. Die Konvexitäten sollen entweder beide nach innen oder eine nach innen, eine nach aussen gerichtet sein; beide nach aussen zu richten ist unvortheilhaft. Man kombinirt zweckmässig eine stärkere und eine schwächere

¹⁾ Harting meint, auch Leeuwenhoek habe Doublets und Triplets gefertigt. Ich kann, wie schon erwähnt, dem nicht recht beipflichten. Allerdings baute dieser Forscher Mikroskope mit zwei und drei Linsen, aber dieselben waren nebeneinander und wohl kaum hintereinander angeordnet; vgl. Fig. 9.

Linse. Das beste Verhältniss der Krümmungsradien zu einander, sowie die zweckmässigste Entfernung der Linsen von einander ist theoretisch zu berechnen. In der Praxis wird beides, je nach dem Zweck der Lupe, durch Ausprobiren bestimmt. Der Vortheil der Lupen (Doublets, Triplets) besteht in Folgendem. Sie liefern, wie die Einzellinsen, ein vergrössertes, virtuelles Bild und zwar kann man bei gleichem Objektabstand stärkere Vergrösserungen erzielen, als dies mit einer einzelnen Linse möglich ist. Hieraus ergibt sich ihre vortheilhafte Verwendung beim Präpariren. Ferner gelingt es durch zweckmässige Kombination zweier (oder mehrerer) Linsen diejenigen Fehler des Bildes zu verbessern, welche man mit „Verzerrung“ und „Krümmung“ bezeichnet. Mithin haben die Doublets und Triplets auch in dieser Beziehung einen Vortheil vor den einfachen Linsen. Schon im vorigen Jahrhundert verfertigte man nach Joblot einfache Mikroskope aus zwei über die Brennweite genäherten bikonvexen oder plankonvexen Linsen,¹⁾ die in verschiebbare Röhrchen gefasst waren und so verschiedene Vergrösserungen zulassen. In Fig. 57 ist solch ein lupenähnlicher ausziehbarer Apparat abgebildet, der zu einem (englischen) Mikroskope von Adams gehörte. Eine grössere Verbreitung scheinen diese ausziehbaren Lupen damals nicht gefunden zu haben. Erst Euler (1764)²⁾ wies durch Rechnung die Vortheile der Doublets nach und konstruirte theoretisch ein solches, das aus einer bikonvexen Linse und einem Meniskus bestehen sollte, aber nach Harting nie gemacht worden ist. Herschel³⁾ (1821) gab für eine Anzahl von Doublets die zur Korrektur der Fehler zweckmässigen Linsen rechnerisch an (Krümmungen und Brennweiten); aber auch seine Konstruktionen waren praktisch nicht durchführbar. Besser war dies mit den Doublets Wollaston's

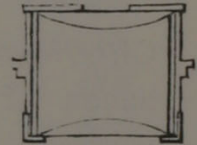


Fig. 57.
Lupe nach
Adams.

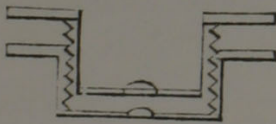


Fig. 58.
Doublet von Wollaston
1829.

1829⁴⁾ bestellt, der auf ein Schleifen der Krümmungen nach theoretischer Berechnung verzichtete und durch Aussuchen der Linsen und Ausprobiren der Abstände praktisch brauchbare Doublets erzielte, Fig. 58. War die Brennweite der dem Objekt zugekehrten stärkeren Plankonvexlinse 1, dann sollte die der Okularlinse 3 und der Abstand der Planflächen 1,4 bis 1,5 betragen. Uebrigens dienten die Wollaston'schen Kombinationen den Zwecken stärkerer Vergrösserungen und sollten in eigens konstruirte, einen besonderen Typus bildende, einfache Mikroskope

¹⁾ Joblot, 1718, l. c. (65) p. 43.

²⁾ Euler, 1764, Mémoires de l'Académie de Berlin XX. p. 105.

³⁾ Herschel, 1821, Philosophical Transactions, p. 246.

⁴⁾ Wollaston, 1829, Philosophical Transactions, p. 9.

eingesetzt werden; vgl. den nächsten Abschnitt dieses Kapitels. Weitere Verbesserungen solcher Linsenkombinationen verdanken wir Pritchard. Nach ihm ist die günstigste Entfernung zweier zu einem Doublet vereinigter Linsen der Differenz der Brennweiten gleich; letztere können zwischen 1:3 bis 1:6 variiren. Er erzielte relativ starke und gute Vergrösserungen bei grossen Fokalabständen, auch brachte er innerhalb des Systems Blenden an. Einen grossen Objektabstand sowie gute Lichtstärke besaßen die gleichfalls mit innerer Blende versehenen Doublets von Chevalier, der für schwächere Vergrösserungen zu Präparierzwecken über seinem Doublet noch eine

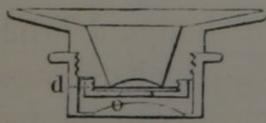


Fig. 59.
Doublet von Chevalier.

achromatische, konkave Okularlinse anbrachte, eine Einrichtung, die bei der Konstruktion moderner Präparirmikroskope fortwährend in Benutzung ist und als eine brauchbare Erfindung geschätzt zu werden verdient. Es sei schliesslich noch erwähnt, dass sowohl Pritchard als auch Chevalier nach den gleichen Grundsätzen drei Linsen kombiniert haben. Diese Triplets sollen nach Harting gute Leistungen aufweisen. Die Taschenmikroskope von Dollond, ähnlich dem unten abgebildeten von Wollaston, waren mit Triplets aus drei plan-konvexen Linsen von zum Theil starker Vergrösserungskraft (bis 825) ausgerüstet.

Neben diesen damals neuen Konstruktionen von Lupen, Doublets und Triplets waren selbstverständlich alle diejenigen von früher herrührenden Formen in Gebrauch geblieben, die nur einigermaßen den Bedürfnissen der Mikroskopiker oder auch des grösseren Publikums dienten. Die „Oekonomiegläser“ und die Mikroskope nach Musschenbroek und Joblot von den Formen der Fig. 20 bis 23, die Lupenträger mit Musschenbroek'schen Nussgelenken, z. B. Fig. 28, 29 „Universalmikroskope“ nach Art der Fig. 33, alle diese und ähnliche Lupenapparate älterer Konstruktion haben sich zum Theil bis auf die Gegenwart im Gebrauch erhalten.

Die Kombination mehrerer Linsen zu Doublets und Triplets war, wie erwähnt, zwar im Stande, gewisse als Verzerrungen zu bezeichnende, unter den Begriff der sphärischen Aberration fallende Uebelstände zu mildern, sie vermochte jedoch nichts gegen die Nachteile der sogenannten chromatischen Aberration. Es ist hier nicht der Ort zu ausführlichen optischen Darlegungen über die komplizierten, mit jenem Namen bezeichneten Erscheinungen; in den Kapiteln über das zusammengesetzte Mikroskop der Jetztzeit komme ich darauf in Kürze zurück. Hierher gehört aber der Zeitfolge nach die Einregistrierung der ersten Bestrebungen, durch Kombination von Linsen aus verschiedenen brechenden Glassorten den Ab-

weichungen der letzterwähnten Art entgegenzutreten. Sogenannte achromatische, aus Flint- und Kronglaslinsen zusammengesetzte Linsen waren schon 1722 von Chester More Hall für Fernrohre in Benutzung genommen worden. Die ersten Versuche, die neue Erfindung auch für das Mikroskop zu verwerthen, machte um 1760 Dellebarre. Er baute zusammengesetzte Mikroskope mit achromatischen Okularkombinationen. Für die endgiltige Verbesserung des zusammengesetzten Mikroskopes führte dieser Weg allerdings zu keinem bleibenden Erfolg; dieser war erst dann in Aussicht, als man anfang, auch die kleinen, viel schwieriger herzustellenden Linsen der Objektivkombinationen zu achromatisieren. Für die Lupen und einfachen Mikroskope konnte aber die Erfindung von Hall und Dellebarre schon damals ausgenutzt werden. Ich habe auch

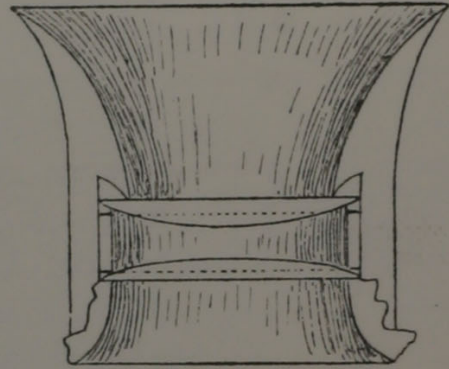


Fig. 61. Sogen. „Uhrmacher“-Lupe mit Hornfassung.

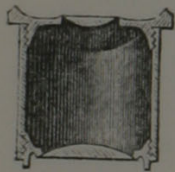


Fig. 60.
Lupe nach
Wilson.

schon erwähnt, dass Chevalier zur Konstruktion seiner Lupe ein achromatisches Konkavglas benutzte. Achromatische Lupen wurden nach Harting zuerst von Simon Plössl in Wien in den Handel gebracht. Seine sogenannte aplanatische Lupe besteht aus zwei achromatischen Linsen, welche für schwächere Vergrößerungen einzeln, für stärkere zusammen benutzt werden.

Als Beispiele von Lupen, in denen die beiden Linsen nach Art der vorerwähnten Doublets in einer konstanten Entfernung von einander gefasst sind, dienen die Wilson'sche Lupe, Fig. 60, und die allbekannte, schwach vergrößernde Taschenlupe mit Hornfassung, Fig. 61. Die beiden plankonvexen Gläser werden bei letzterer durch einen Holzring von einander getrennt, und durch das am unteren Ende eingeschraubte Hornstück in der Hornhülse festgehalten.

Eine andere Form von Taschenlupen ist in Fig. 62 skizzirt. Hier sind die Linsen (2 und 3 eventl. mit eingeschaltetem Diaphragma a) wie eine Lorgnette gefasst. Je nach der Kombination sind verschiedene Vergrößerungsgrade zu erzielen.

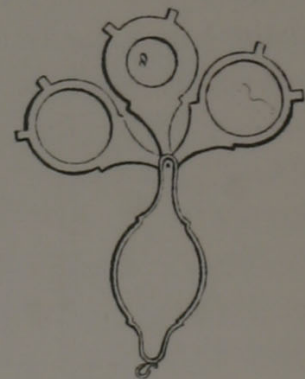


Fig. 62.
Taschenlupe in Lorgnetten-Fassung.

Die letzterwähnten drei Lupentypen sind bekanntlich auch heute noch allenthalben in Gebrauch. Auch für bakteriologische Zwecke, z. B. zum Studium von Bakterienkolonien oder von Kulturrassen auf

den Oberflächen der verschiedensten Nährmedien, zum schnellen Orientieren über Pilzwucherungen, auch zum Zählen der Kolonien und zu manchen anderen Arbeiten sind diese einfachen Apparate praktisch und vielfach in Gebrauch, obschon sie ursprünglich dafür nicht konstruiert worden sind.

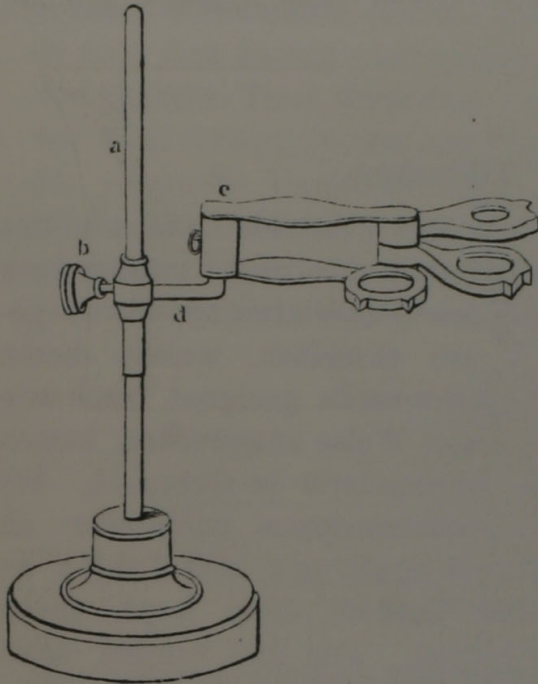


Fig. 63. Lupenträger nach Lister.

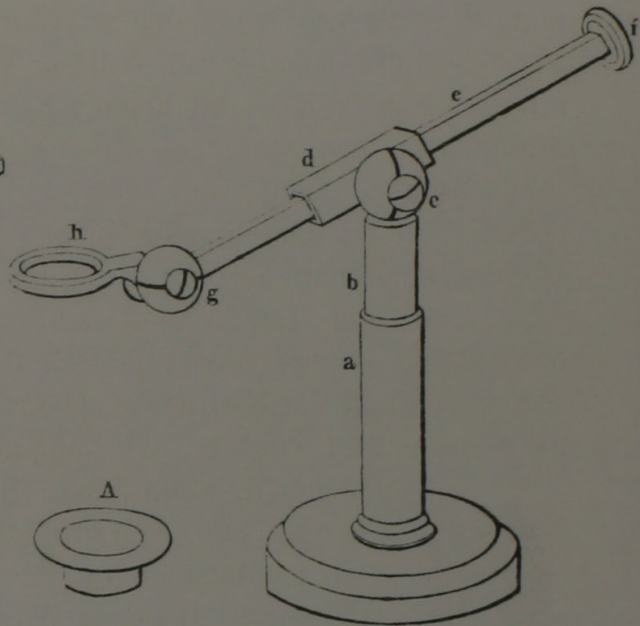


Fig. 64. Lupenträger nach Ross.

Weiteres darüber im folgenden Kapitel.

Um der Lupe beim Arbeiten eine feste Stellung zu geben und für Präparationszwecke die Hände frei zu behalten, wurden seit jeher die Lupenträger benutzt. Einige Formen derselben, welche der

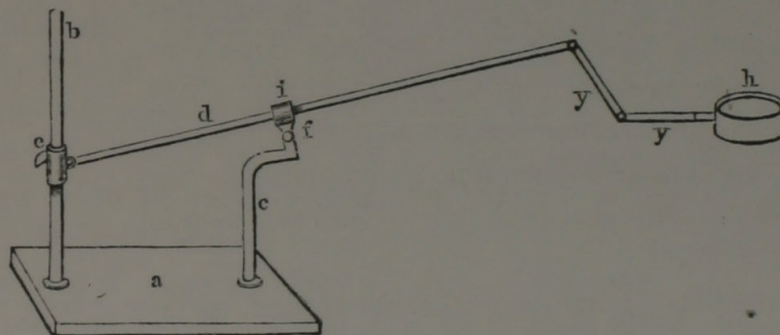


Fig. 65. Lupenträger nach Strauss-Dürkheim.

ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts entstammen, sind in Fig. 63, 64, 65 wiedergegeben. Die alten Lupenträger mit Musschenbroek'schen Nüssen gestatteten zwar eine Bewegung der Linse nach allen Richtungen in mehr als ausreichendem Maasse, nutzten sich jedoch in den Kugelgelenken rasch ab, so dass der Träger über kurz

oder lang die nöthige Stabilität einbüsste. Viel besser waren die hier skizzirten einfachen Stative mit schwerem Fuss und einer Stange nebst Seitenarm mit nur wenigen, soliden Gelenken. Einer näheren Beschreibung glaube ich im Hinblick auf die Figuren wohl entrathen zu dürfen. Als Unterlage für die Beobachtung und Präparation der Objekte dienten Klötze oder Kästen, neben dem Ständer auf den Arbeitstisch gelegt.

Das einfache Mikroskop.

Während des in der Kapitelüberschrift gesetzten Zeitabschnittes hat das einfache Mikroskop zwar seinen Glanzpunkt erreicht, ist aber auch von seiner Höhe durch das zusammengesetzte Mikroskop wieder gestürzt worden. Gewisse einfache Typen desselben, welche diesen Sturz überdauerten, weil sie, für Präparirzwecke geeignet, nach wie vor einem wirklichen Bedürfnisse in guter Weise entsprechen, kamen schon in den Anfangsjahren unseres Jahrhunderts in Gebrauch. Sie schliessen sich hinsichtlich ihres Konstruktionstypus unmittelbar an die einfachen Mikroskope eines Musschenbroek und Joblot an und bestanden vornehmlich aus drei Theilen: einer Lupe, einem Objektisch und einem Beleuchtungsspiegel. Alle drei wurden durch ein einfaches Stativ in bestimmten Stellungen zu einander festgehalten. Die Stellung der Lupe konnte, wie bei den zuletzt erwähnten Stativlupen, mit der Hand geändert werden und blieb in der einmal gegebenen Lage genügend fest stehen, um die erwünschte Arbeit (Beobachtung bei schwacher Vergrösserung oder Präparation mit geeigneten Instrumenten) vornehmen zu können.

Für durchfallendes Licht zur Präparation und Beobachtung durchsichtiger Gegenstände wurde von Mohl eine einfache, leicht herzustellende Vorrichtung empfohlen, die hier ihrer Zweckmässigkeit wegen zunächst erwähnt werden mag. Sie besteht aus einem Kästchen etwa von den Dimensionen 15 bis 20 cm Länge, 8 cm Breite und Höhe. Die dem Fenster zuzukehrende Seite ist offen und mit einem um eine horizontale Achse drehbaren Beleuchtungsspiegel versehen. In die obere als Präparir- etc. Fläche dienende Wand ist gegenüber dem Spiegel eine Glasplatte eingesetzt. Mohl brachte seitlich am Apparat die durch Gelenke verstellbare Lupe an, und kompletirte dadurch das Ganze zu einem handlichen und brauchbaren, einfachen Mikroskop (Fig. 66).¹⁾ Dieser einfache Apparat ist auch zu bakteriologischen Arbeiten gut zu gebrauchen. Nach gleichem Prinzip gebaute, theilweise sogar noch einfachere Vorkehrungen, von denen im

¹⁾ Mohl, Mikrographie, S. 25.

nächsten Kapitel die Rede sein wird, finden sich allenthalben in den mikroskopischen Arbeitsstätten in Gebrauch.

Von diesen einfachsten Typen unterscheiden sich nun eine ganze Zahl einfacher Mikroskope durch mehr oder weniger grosse Komplizirtheit, die in der ersten Hälfte des laufenden Jahrhunderts in zahlreichen Werkstätten des In- und Auslandes angefertigt worden sind. Je nach dem Zweck wurde Konstruktion und Ausstattung, insbesondere der optische Theil derselben modifizirt. In dieser Beziehung können wir drei Gruppen von Instrumenten unterscheiden. Erstens solche für schwache Vergrößerungen und für Präparierzwecke, zweitens solche für feinere Untersuchungen, ausgerüstet mit stärkeren und stärksten Linsen, und drittens möglichst kompensierte für Forschungsreisen oder Exkursionen eingerichtete Instrumente, die womöglich

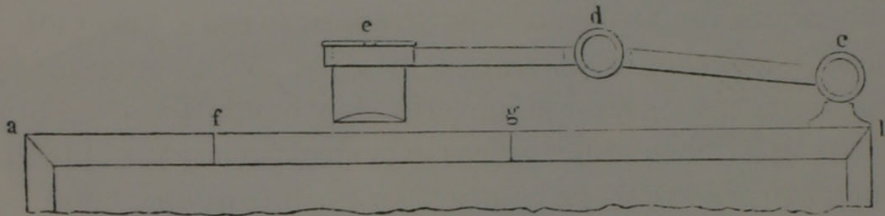


Fig. 66. Einfaches Mikroskop nach Mohl.

vor erwähnten beiden Zwecken genügen sollten. Während die zweite Gruppe durch das zusammengesetzte Mikroskop zur Zeit wohl ganz verdrängt ist, dürften die Exkursionsmikroskope wegen ihrer leichten Transportfähigkeit auch heute noch gelegentlich am Platze sein. Von dem dauernden Werth der einfachsten Apparate der ersten Gruppe war schon wiederholt die Rede.

Von den einfachen Mikroskopen deutscher Werkstätten aus dieser Zeit sind vornehmlich die zur Gruppe 1 gehörigen praktischen Instrumente von Carl Zeiss in Jena zu erwähnen, welche in nur wenig veränderter Form bis auf die Neuzeit ihren Ruf als beste Instrumente bewährt haben. Im nächsten Kapitel komme ich darauf zurück. Als weniger zweckmässig werden (nach Harting) die damaligen kleinen Mikroskope von Körner in Jena und von Plössl in Wien bezeichnet. Die Objektische waren zu klein, und die Instrumente litten an der für Präparationszwecke entschieden hinderlichen Einrichtung, dass die Einstellung durch Auf- und Niederbewegung des Objektisches geschah; auch fehlte eine feste Auflagefläche für die Hände, wie solche die Zeiss'schen einfachen Mikroskope besitzen. Diese Instrumente waren mit Doublets bis zu 300facher Linearvergrößerung ausgerüstet; Zeiss begnügte sich mit 120fach als Maximum und blieb damit in den auch heute noch für solche Mikroskope verwendbaren Vergrößerungsgrenzen.

Gleichfalls für schwächere Vergrößerungen eingerichtet (Linsen von 1, $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{4}$ Zoll engl. Brennweite) ist das nach Queketts Angaben von Highley in London verfertigte Taschen- und Dissektionsmikroskop, welches als ein Repräsentant der dritten Gruppe angeführt werden möge.

Sein Gestell ist von Holz; das ganze Mikroskop, Fig. 67, kann nach Fig. 68 zu handlichem Volum zusammengelegt und bei Reisen und Exkursionen bequem in der Tasche getragen werden. Auch für den Bakteriologen dürfte dieses nicht theure Instrument ($31\frac{1}{2}$ Shilling) brauchbar sein, obschon es der feineren Einstellungsmechanismen entbehrt.

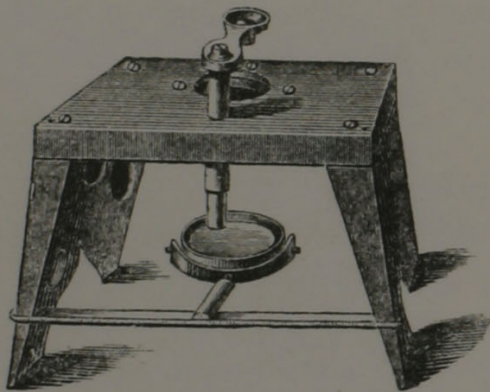


Fig. 67.
Dissektions-Mikroskop nach Quekett,
aufgestellt,

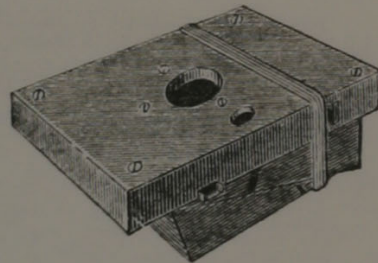


Fig. 68.
zusammengelegt.

Manche Firmen richteten die Instrumente für binokuläres Sehen ein, eine für das zusammengesetzte Mikroskop auch schon seit ältester Zeit eingeführte „Verbesserung“. In bakteriologischen Kreisen wenigstens Deutschlands hat sie meines Wissens nirgends Fuss gefasst. Da mir der Vorthail binokulärer Mikroskope im Verhältniss zu ihrem höheren Preise zu geringfügig erscheint, und man ihrer ganz wohl überhaupt entrathen kann, gehe ich auf diese Konstruktionen nicht weiter ein, trotzdem sich nicht leugnen lässt, dass physiologisch die anstrengende Inanspruchnahme nur eines Auges nicht zu rechtfertigen ist.

Am Schluss dieses Abschnittes soll aber noch eines einfachen Mikroskopes gedacht werden, dessen sich kein Geringerer als Darwin zu seinen Untersuchungen bedient hat, und welches, trotzdem es nach Quekett¹⁾ etwa 100 Jahre später (um 1850) als das gegen Schluss des vorigen Kapitels erwähnte Cuff'sche Mikroskop von der bekannten Firma Smith and Beck verfertigt worden ist, dennoch, wie ein Blick auf die Abbildungen in Fig. 49 und 69 zeigt, mit dem Cuff'schen Instrument eine frappante Aehnlichkeit hat. Das von Darwin benutzte Mikroskop ist an Einfachkeit der Form jenem alten

¹⁾ Quekett (s. Lit.), a practical treatise etc. pag. 62.

Cuff'schen Instrument allerdings recht ähnlich, unterscheidet sich von aber demselben sehr wesentlich dadurch, dass es mit ausreichenden Vorrichtungen zur feineren Einstellung versehen ist. In der etwa 6 Zoll (engl.) hohen und $\frac{3}{4}$ Zoll dicken messingnen Stativsäule wird vermittelt eines handlichen grossen Doppeltriebs und einer Zahnstange ein Dreikant auf und ab bewegt, der an seinem Kopf einen gleichfalls mit Trieb und Zahnstange versehenen Querarm trägt, in dessen einem Ende die Linsen eingeschraubt werden. Dieser Querarm wird vermittelt eines Dornes in die Endfläche des Dreikants

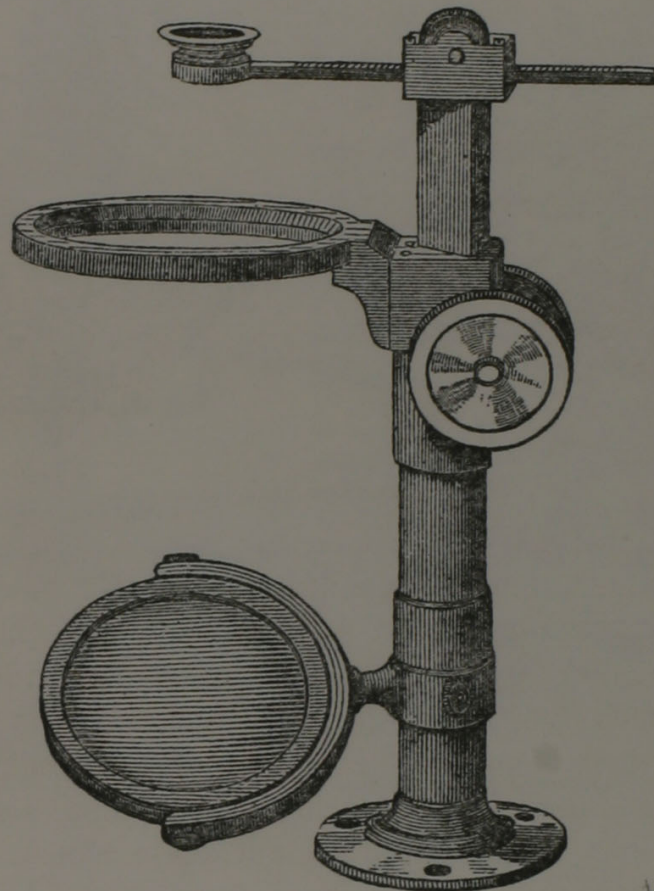


Fig. 69. Mikroskop von Smith and Beck, 1850; von Darwin benutzt.

eingelassen, so dass er radiär nach allen Richtungen verstellt werden kann; die Verlängerung und Verkürzung des die Linsen tragenden Querarmes besorgt in exakter Weise der am Kopf des Instruments befindliche Trieb in Verbindung mit der eingreifenden horizontalen Zahnstange. Die einfachen Instrumente der ersten und dritten Gruppe waren wie das Quekett'sche theilweise zum bequemen Transport eingerichtet. Damit sie möglichst allen Anforderungen gewachsen waren, versah man sie auch mit stärkeren Linsen. Sie konnten so ausgerüstet die komplizirteren Instrumente der zweiten Gruppe, ja auch die damals noch wenig vollkommenen, zusammengesetzten Mikroskope ersetzen. Die Instrumente der zweiten Gruppe repräsentiren

den vorerwähnten Höhepunkt in der Entwicklung des einfachen Mikroskopes. Sie waren damals eine kurze Zeit lang gewiss am Platze, denn die zusammengesetzten Mikroskope leisteten für Beobachtungen mit starken Vergrößerungen auch nicht annähernd das, was jetzt von ihnen verlangt und prästirt wird. Zahlreiche mikroskopische Arbeiten verdanken ihre Ausführung jenen jetzt geradezu „obsolet“ gewordenen Instrumenten. Die höchste Vollkommenheit in Beziehung auf den Stativapparat, die Einstellvorrichtungen, die Schärfe und Stärke der Linsen dürfte wohl den damaligen Fabrikanten englischer und französischer Firmen zukommen. Einige Typen mögen des historischen Interesses wegen hier nach Harting erwähnt werden.

Zunächst erwähne ich die Mikroskope von Charles und von Arthur Chevalier in Paris, welche sich zum Theil durch die im Abschnitt unter Lupen erwähnten neuen Verbesserungen in der Kombination der Linsen auszeichneten.

In Fig. 70 ist ein Mikroskop von Arthur Chevalier abgebildet, welches aus den vierziger Jahren stammt und dessen Doublets Vergrößerungen von 11 bis 500 fach erzielten. Die Triebeinrichtung auch am horizontalen Lupenarm erinnert an die des Darwin'schen Instrumentes. Die Drehbarkeit des diesen Arm tragenden senkrechten Stiftes um seine Achse soll die Verstellbarkeit der Doublets in der Horizontalebene ermöglichen und dürfte für manche Zwecke recht brauchbar sein, z. B. wenn ausgedehntere Objekte beobachtet oder bearbeitet werden sollen, die man auf dem Tische nicht verschieben kann. Abgesehen von den starken Doublets würde das Instrument zum Arbeiten mit schwächeren Vergrößerungen auch jetzt noch am Platze sein. Anders ist dies aber mit den nun zu erwähnenden, viel

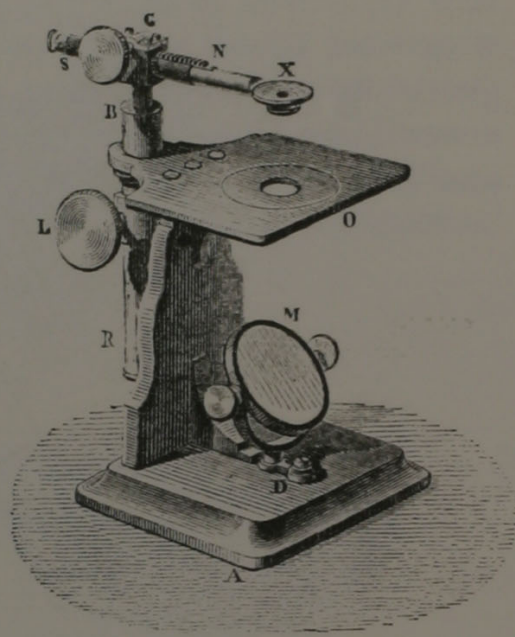


Fig. 70. Einfaches Mikroskop von Arthur Chevalier.

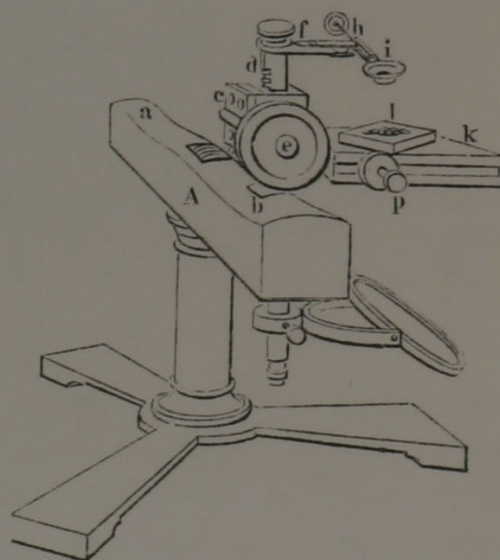


Fig. 71. Dissektionsmikroskop von Pritchard.

komplizirteren Formen der Fall, deren Fig. 71 eine vorführt. Das von Pritchard in London herrührende Instrument, dessen detaillirte Beschreibung angesichts der klaren Figur wohl überflüssig ist, kann als einfach nicht bezeichnet werden. Die Beweglichkeit des Linsenarmes nach allen Richtungen wird — abgesehen von den Bewegungen durch Zahn und Trieb und der Drehungen um f in der Wagerechten auch noch durch ein Kugelgelenk bei h gesichert, gewissermassen

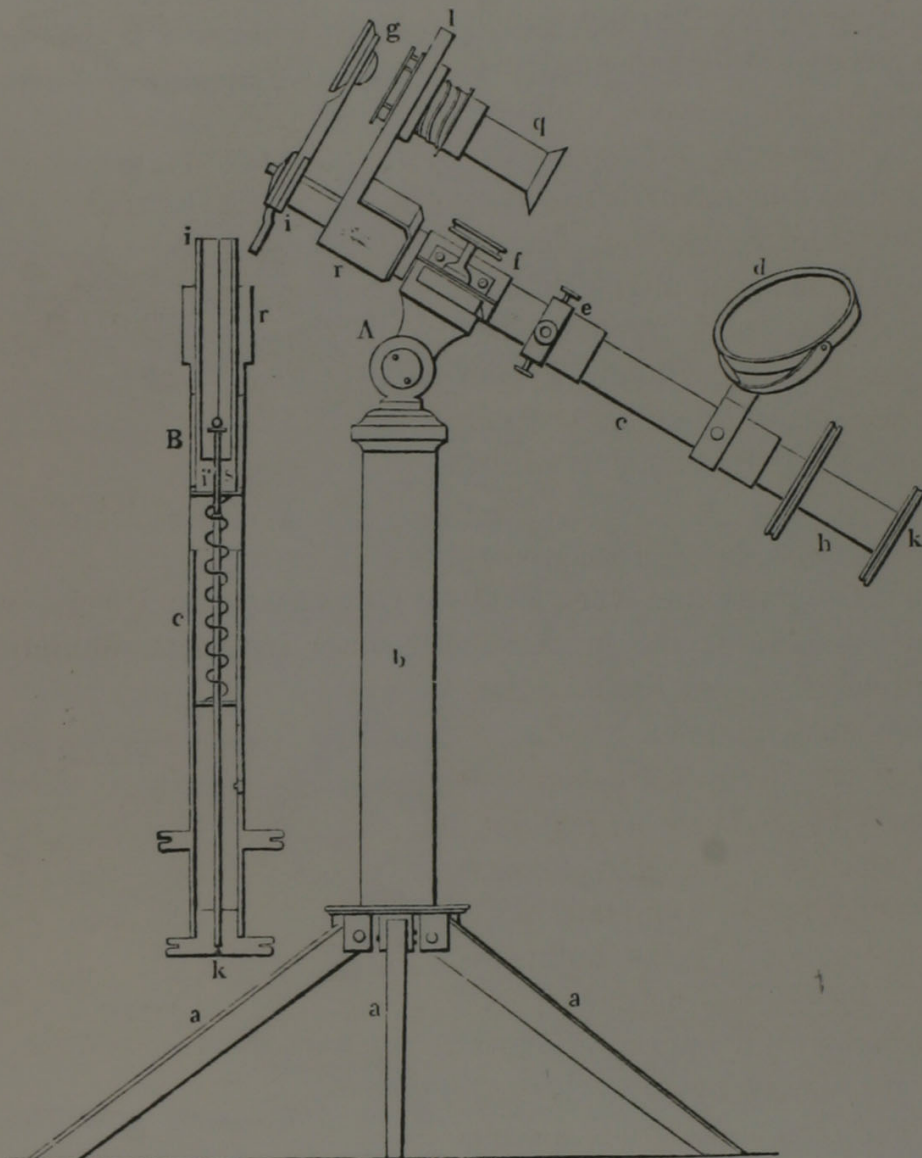


Fig. 72. Grosses, einfaches Mikroskop von Pritchard.

ein Rückfall in die alte Musschenbroek'sche Technik, und wohl nur ausnahmsweise von Werth. Allerdings sollte das Instrument vornehmlich „Dissektions-“Zwecken dienen, und bei diesen kann ja eine Einstellung der Lupe schräg zu den beiden Senkrechten hin und wieder am Platze sein! Für die bakteriologische bzw. mikrobiologische Arbeit käme dieser Vortheil etwa bei der Betrachtung von Pilzrasen von der Seite in Betracht. Die schon von Zeiss angebrachten seitlichen Unterlagen für die beiden Vorderarme sind an diesem

Pritchard'schen Instrument durch den Holzkloben A ersetzt, der jedoch zur Ermöglichung sicheren Arbeitens eine ungewöhnliche Verstärkung des Mikroskopfusses beansprucht. Ein anderes, noch komplizirteres „einfaches“ Mikroskop von Pritchard zeigt Fig. 72. Das Instrument kann auch senkrecht benutzt werden. Die Mikrometerschraube befindet sich bei k, während die grobe Einstellung durch Gleiten des Rohres h mit der Hand geschieht. Im Rohre q unter dem Objektisch ist die Beleuchtungslinse angebracht. Eine zweite kann bei e angeschraubt werden. Die Einrichtung des Theiles i k ist in dem Querschnitt neben der Hauptfigur erkenntlich. Der einzige Fortschritt,

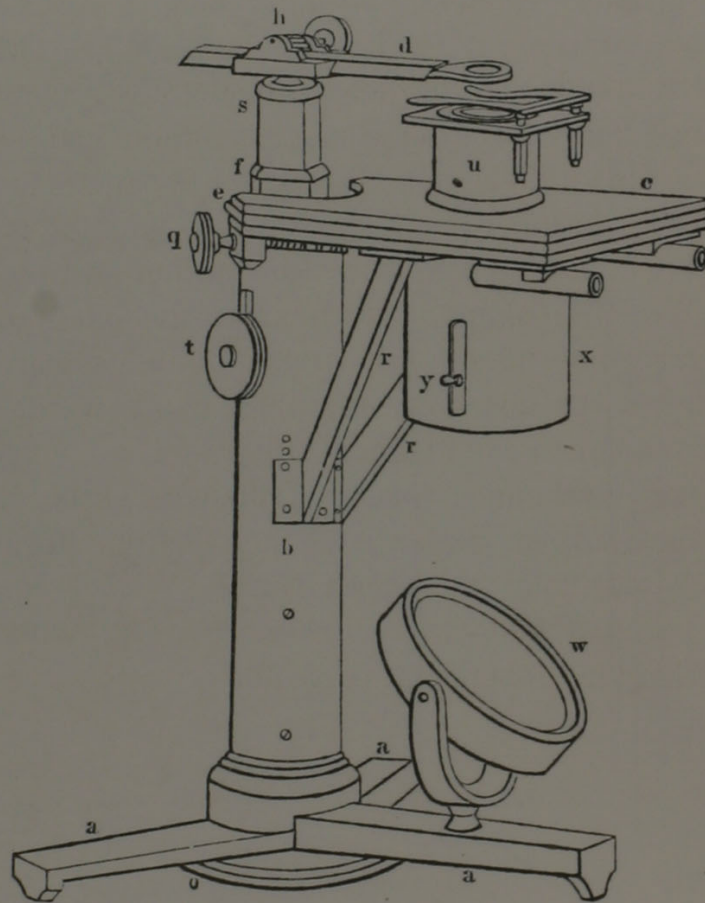


Fig. 73. Grosses, einfaches Mikroskop von Ross, 1831.

welchen dieses Instrument im Vergleich zu den bisher beschriebenen aufweist, und der mich mit veranlasste, die Figur aufzunehmen, ist die Verwendung von zwei Einstellungen für die Vertikalbewegung des Linsenkörpers: die grobe Einstellung mit der Hand durch Gleitbewegungen in einer Hülse, und die feinere Einstellung mittels einer Mikrometerschraube sensu strictiore, in der Durchschnittsskizze bei c s sichtbar. Bekanntlich hat die Verbindung zweier, im gleichen Sinne wirkender Einstellungen beim zusammengesetzten Mikroskop die ausgedehnteste Verwendung gefunden. Eine weitere Vervollkommnung dieser doppelten Einstellung besass das in Fig. 73 skizzierte Mikroskop von Ross, welches nach Harting 1831 für

W. Valentine verfertigt wurde und von welchem Harting behauptet, dass „kein anderes Stativ für das einfache Mikroskop so viele gute Eigenschaften in sich vereinigt“. Das gepriesene Stativ benutzte übrigens Ross auch für zusammengesetzte Mikroskope, und dabei dürften ja manche der subtilen Einrichtungen am Platze gewesen sein. Der Hauptfortschritt in der Einstellvorrichtung besteht darin, dass auch die grobe Einstellung durch Zahn und Trieb geschieht, bei t der Figur; die Mikrometerschraube befindet sich unten am Instrument bei o; der geränderte Handknopf ist nach Sally's Angabe in 100 Theile getheilt. Die Schraube macht auf einen Zoll engl. 50 Gänge. Mithin kann man Verschiebungen in der Vertikale von $\frac{1}{5000}$ engl. Zoll bemessen. Der horizontale Linsenarm besitzt die in den vorher skizzirten Instrumenten erwähnte Einrichtung eines besonderen Triebmechanismus, und es kann daher die Linse über alle Stellen des Objektisches auch in horizontalem Sinne verschoben werden.

Die letzterwähnten Instrumente übertreffen an Komplizirtheit die bisher erwähnten Mikroskope. Zu feinsten Beobachtungen mit einfachen, stark vergrößernden Linsen oder Doublets waren sie gewiss vorzüglich geeignet, so dass man allerdings den gewaltigen Fortschritt z. B. von Leeuwenhoeks einfachen Apparaten zu denen eines Pritchard und Ross anerkennen muss. Trotzdem hatte die Stunde für das einfache Mikroskop in dieser hochentwickelten Form geschlagen. Seine Blüthezeit war nur von kurzer Dauer. Was in die Neuzeit von einfachen Mikroskopen hinübergerettet worden ist, wird im nächsten Kapitel in gedrängter Uebersicht vorgeführt.

Sechstes Kapitel.

Das einfache Mikroskop in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts bis zur Gegenwart.

Wie erwähnt, war um die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts die Blüthezeit des einfachen Mikroskopes, als des Hauptinstrumentes für die mikroskopische Forschung, vorbei. Zuerst kamen die am Anfange des Jahrhunderts hie und da noch in Benutzung gewesenen Joblots, die Wilsons und ähnliche Typen in die Rumpelkammer oder, pietätvoller, in das Museum, um alsbald von ihren stolzen Nach-

folgern, den komplizierten „einfachen“ Mikroskopen des vorigen Kapitels Gesellschaft zu erhalten. Wir werden sehen, dass einzelne Theile derselben beim zusammengesetzten Mikroskop weitere Verwendung fanden. Von diesem war allerdings Vieles zuvor entlehnt worden, so dass es bei mancher Einrichtung nicht ganz leicht ist, festzustellen, an welcher Art von Mikroskopen sie zuerst in Anwendung war.

Im Anfang des vorigen Kapitels habe ich wiederholt, dass auch Typen wie das alte vitrum pulicare und das Oekonomieglass Ledermüllers beim Amateur- und Laienpublikum sich in wenig veränderter Gestalt gehalten haben. Das geht so fort, bis in die neueste Zeit. Ja, die Instrumente aus dem siebzehnten Jahrhundert haben in gewisser Weise ganz vor Kurzem eine Auferstehung gefeiert, allerdings gleichfalls wohl nur für

den Amateur. Die in Fig. 74 gebrachte Skizze ist der Durchschnitt eines 1895 von E. Brunk angegebenen einfachen Mikroskopes, welches in allen seinen Theilen an längst entschwundene Zeiten erinnert. Der optische Theil besteht aus einer winzigen, durch Schmelzen in der Gas- oder Spiritusflamme ziemlich mühelos bereiteten Linse, ganz nach der Art jener Glas-

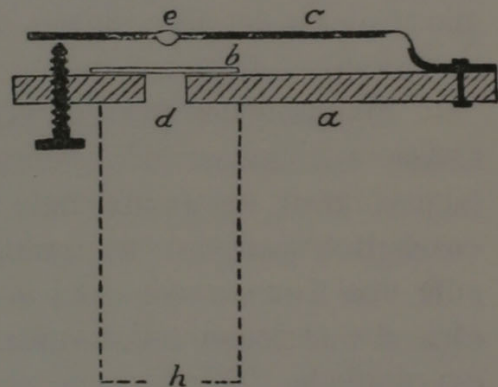


Fig. 74. Glaskügelchen-Mikroskop von Brunk, 1895.

kügelchen, die ums Jahr 1665 von Hooke, Butterfield, Pater Marius Bettinus, de Hudd, Monconny u. A. (vgl. das vierte Kapitel) gefertigt wurden, von denen damals der damit thatsächlich zu erzielenden, kolossalen Linearvergrößerungen wegen (über 2000 mal) so viel Aufhebens gemacht wurde, und denen die Nachwelt allerdings manche schöne Beobachtung verdankt. Brunks „neue Methode zur Herstellung stark vergrößernder Glaslinsen zu einfachen Mikroskopen“ (Zeitschrift „Prometheus“ 1895, S. 102) unterscheidet sich von jenen über 200 Jahre älteren Praktiken nur darin, dass er seine kleinen brechenden Körper nicht, wie jene Alten, aus dünnen Glasstäben oder aus Glaspulver, sondern aus dünnen Glasröhren macht, und dadurch, je nachdem der Zufall es fügt, wirkliche bikonvexe, konkav-konvexe oder selbst plankonvexe Linsen erzielt, die, wie die Tropfen unten an einer Seifenblase, sich an dem in der Hitze der Flamme zur kleinen Kugel aufgetriebenen Röhrchen bilden. Fassung, Montirung und Benutzung dieser Linsen sind, wie ein Blick auf die Skizze lehrt, ganz ähnlich wie zur Zeit Leeuwenhoeks. Der schraffierte Theil a, auf welchen über dem Diaphragma d das Objekt b

liegt, ist eine viereckige Holzplatte. Die Linse e steckt in bekannter Weise in einem federnden Metallstreifen c, der durch die Schraube an der linken Seite behufs Einstellung bewegt werden kann. Die punktierten Linien bis h bedeuten eine einfache Röhre zur Abhaltung von diffusem Licht, ganz wie bei den Joblots. Es wäre interessant, wenn dieser jüngste revenant aus entschwundenem Jahrhundert wirkliches Leben erlangen würde! Bekanntlich gelang Harting (vgl. Kap. 4) für die durch Schmelzen erzeugten Linsen die Wiedererweckung von den Todten nicht, trotzdem er sich redliche Mühe gab!

Die Lupen und einfachen Mikroskope der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts unterscheiden sich von denen der ersten Hälfte, aus denen sie ja natürlich in fortlaufender Reihe und ohne besonders scharfe Uebergänge sich herleiten, weniger durch die Fassung und Montirung des optischen Theiles, als vielmehr dadurch, dass dieser letztere sich von Jahr zu Jahr verbesserte. Der Stativapparat ging sogar infolge des Obsoletwerdens jener komplizirten, am Schlusse des vorigen Kapitels beschriebenen Instrumente in gewissem Sinne zurück. Unter den Fortschritten in der Verbesserung der Linsen im Laufe der letzten Jahrzehnte sind bekanntlich jene epochemachenden Errungenschaften zu verzeichnen, die sich an die drei Namen von Abbe, Koch und Zeiss knüpfen und welchen wir die sogenannten homogenen und apochromatischen Systeme verdanken. Beim zusammengesetzten Mikroskop komme ich eingehender auf diese erfreuliche Thatengruppe zurück. Das einfache Mikroskop, noch mehr die Lupe konnten an diesen zunächst für kleinere Linsen bestimmten Verbesserungen schon des mangelnden Bedürfnisses wegen sich nicht voll und ganz betheiligen. Auch eignen sich die Borat- und Phosphatgläser der Apochromate für die Linsen der Lupen und einfachen Mikroskope nicht und zwar vornehmlich aus zwei Gründen. Die Brechungsverhältnisse der neuen Glassorten verlangen stark gekrümmte Flächen. Lupen und einfache Mikroskope müssten dazu sehr dicke und unförmliche Linsen haben. Dann sind die Lupen und einfachen Mikroskope äusseren Einflüssen meist schutzlos ausgesetzt, welche die empfindlichen neuen Gläser alsbald ruiniren würden. Die optischen Verbesserungen der Lupen und Präparirmikroskope erstrecken sich vielmehr vornehmlich auf den Bereich der Aplanasie. Als höchst bedeutsam muss die weitere Ausbildung der Verwendung verschiedener Glassorten, zunächst des Kron- und Flintglases hervorgehoben werden. Als Typus solcher zusammengesetzter Linsen führe ich die Aplanate nach Steinheil an, welche in Form von Lupen eine etwa 2 bis 24fache Linearvergrösserung liefern und aus drei verkitteten Linsen zusammengesetzt sind. Fig. 75 zeigt einen solchen Aplanat älterer Konstruktion im Durchschnitt. Die äusseren Linsen

sind aus Flint-, die inneren aus Kronglas gefertigt. Die Innenlinse ist von einem Diaphragma umgeben, welches die Randtheile der Ausenlinsen trennt. Neuerdings verzichtet man auf dies Diaphragma. Diese Linsen haben verhältnissmässig grossen Arbeitsabstand, ein grosses Gesichtsfeld, und die Bilder zeichnen sich durch unverzerrte, farbenfreie und ebene Beschaffenheit aus. Sie werden in vielen Werkstätten zu Lupen und Präparirmikroskopen benutzt und erfreuen sich grosser Verbreitung. Einige typische Instrumente mit solchen Linsen sind weiter unten aufgeführt.

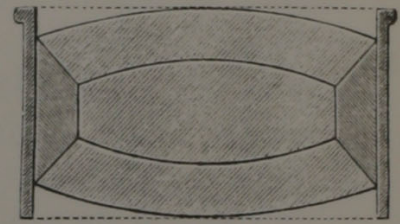


Fig. 75.
Aplanat von Steinheil.

Selbstverständlich genügen auch manche einfachere Linsen selbst den modernen Ansprüchen, und auch von solchen sind nachstehend die bekanntesten Typen zusammengestellt. Ich gruppire der Uebersicht wegen auch hier wieder die einfachen Mikroskope unter die beiden Gruppen Lupen und Präparirmikroskope.

Lupen.

Als einfachste Form derselben möge die in Fig. 76 gegebene sogenannte botanische Lupe gelten, die aus einer gewöhnlichen bikonvexen Linse in Holz-, Bein-, Horn- oder Metallfassung mit Griff besteht. Sie ist für schwächere und etwas stärkere Vergrösserungen bis zu etwa 15fach in Gebrauch. Die besten Bilder liefern sogenannte „Linsen von der besten Form“, deren beiderseitige Krümmungsradien im Verhältniss von etwa 1:6 stehen. Durch Versuche ist erwiesen, dass bei denselben die geringste sphärische Ab-



Fig. 76.
Einfache botanische Lupe.

weichung stattfindet. Für Exkursionen, aber auch im bakteriologischen Laboratorium sind die billigen Instrumente am Platze. Das Gleiche gilt von den schon im vorigen Kapitel erwähnten Uhrmacherlupen, Fig. 61, sowie den Taschenlupen in Lorgnettenform, Fig. 62 und Fig. 77, welche für stärkere Vergrösserungen eine Kombination mehrerer Linsen nach Art der Doublets und Triplets gestatten, auch mit Diaphragmen zur Erzielung schärferer Bilder versehen sind.

Für bestimmte Zwecke erweisen sich die bekannten Lupen von der Form Fig. 78 und 79 recht brauchbar. Fig. 78, aus zwei bikonvexen Linsen zusammengesetzt, kann vermittelt dreier Füsse und der Schraubengewinde in die richtige Entfernung zum Objekt eingestellt werden. Zum Zählen von Kolonien und zur feineren Ein-

stellung des Bildes auf der blanken Visirscheibe beim Mikrophotographiren sind diese Lupen überall in Gebrauch. Aehnlich lassen sich die Fadenzähler, Fig. 79, verwenden, auch die Coddington-

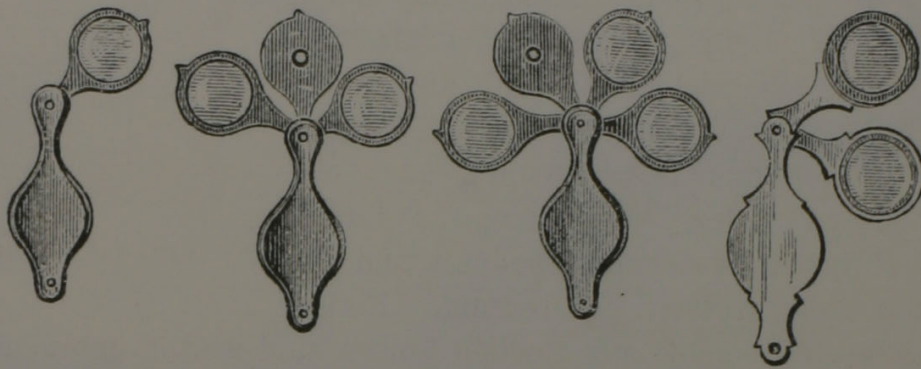


Fig. 77. Lupen in Lorgnettenform.

Lupen in der modernen Fassung, Fig. 80, finden vielfach nützlichen Gebrauch in unseren Laboratorien.

Die Lupenstative neuerer Form zeichnen sich von den zuletzt

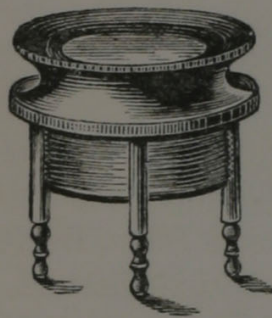


Fig. 78. Lupe mit zwei bikonvexen Linsen in Messingfassung.

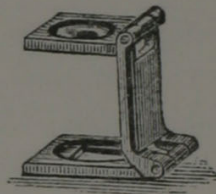


Fig. 79. Fadenzähler.



Fig. 80. Coddington-Lupe.

erwähnten durch Einfachheit und noch grössere Festigkeit aus. Ein schon etwas älterer, sehr brauchbarer Typus wird durch das in Fig. 81 wiedergegebene Nachet'sche Instrument repräsentirt, welches zur Montirung eines achromatischen Doublets dient. Gleichfalls sehr einfach, aber eine verhältnissmässig ausgiebige Beweglichkeit der Lupe ermöglichend, sind die praktischen in Fig. 82 und 83 abgebildeten Typen, nach denen sich beliebige, den jeweiligen Zwecken angepasste Lupenträger fertigen lassen. Die an dem senkrechten Stab gleitende Hülse soll einen leichten und sicheren Gang haben und in jeder Stellung genügend fest beharren. Das Gleiche gilt von den Gelenken des Querarmes in Fig. 83. Die horizontale Hülse in Fig. 82 bei f darf nicht zu kurz sein; sie muss zudem so stark gearbeitet sein, dass der Arm d nach jeder Drehung sicher feststeht. Auf die

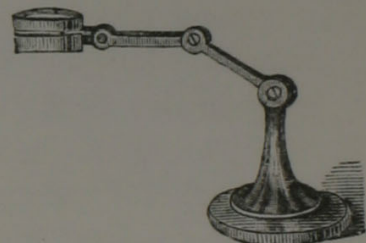


Fig. 81. Doublet mit Stativ nach Nachet.

Wiedergabe der zahlreichen ähnlichen Stative, die nur in den Dimensionen der Einzeltheile abweichen, glaube ich verzichten zu dürfen.

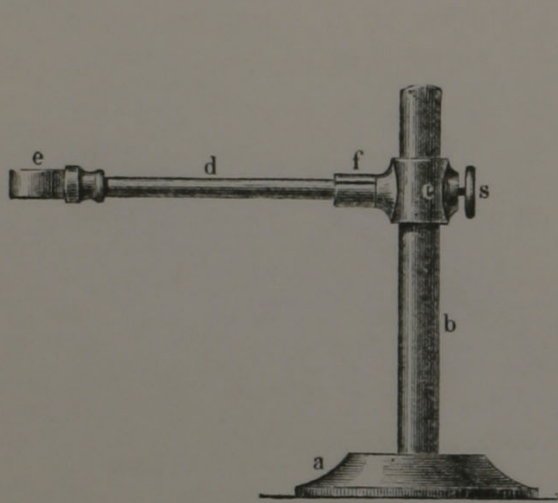


Fig. 82. Einfacher Lupenträger (Dippel).

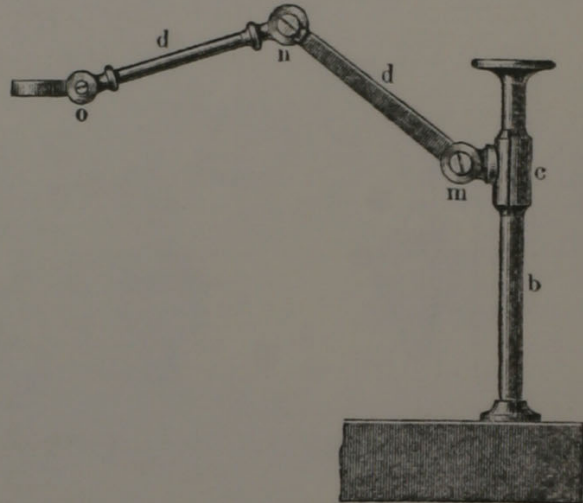


Fig. 83. Lupenträger mit Gelenken (Dippel).

Natürlich sind die im vorigen Kapitel angeführten Lupenträger neben diesen neueren Typen auch jetzt noch allenthalben im Gebrauch.

Der Fig. 75 im Querschnitt skizzierte Aplanat von Steinheil wird zu Lupen verschiedener Stärke von vielen Firmen angefertigt. Die neuere Konstruktion ohne das innere Diaphragma ist aus der Fig. 84 ersichtlich. Diese Lupen werden z. B. von C. Zeiss in verschiedenen Fassungen und Montirungen für stärkere und schwächere Vergrößerungen geliefert, vgl. die Figuren 85, 86 und 87.

Bei dem letzterwähnten Stativ geschieht die Höheneinstellung durch Zahn und Trieb, wodurch die Bewegung sicherer und feiner ermöglicht wird als durch Verschieben der Hülse mit der Hand. Die Gelenke b und c gestatten freie Bewegung nach allen Richtungen, und ein Anziehen der Flügelschraube bei b arretirt beide Gelenke gleichzeitig. Auch für Exkursionen geeignete Taschenuphen, zum

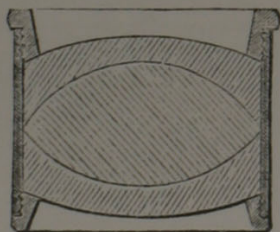


Fig. 84. Aplanatische Lupe nach Steinheil von C. Zeiss, sechsmal vergr.

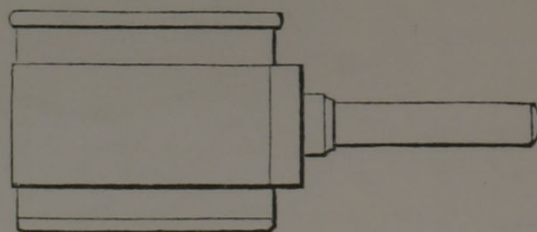


Fig. 85. Dieselbe mit Handhabe.

Einschlagen eingerichtet, werden aus Steinheil'schen Aplanaten verfertigt, z. B. die in Fig. 88 abgebildete Form von Leitz in Wetzlar. Ausser den Steinheil'schen Aplanaten sind für die gleichen Zwecke die Brücke'schen Lupen vielfach in Gebrauch,

besonders für schwache Vergrößerungen von etwa 5 bis 10fach. Während die Arbeitsabstände der Steinheil-Aplanate bei Vergrößerungen von 6 bis etwa 20fach zwischen 34 und 10 Millimeter sich bewegen und Gesichtsfelder von 30 bis 3,5 Millimeter Durchmesser haben, sind die

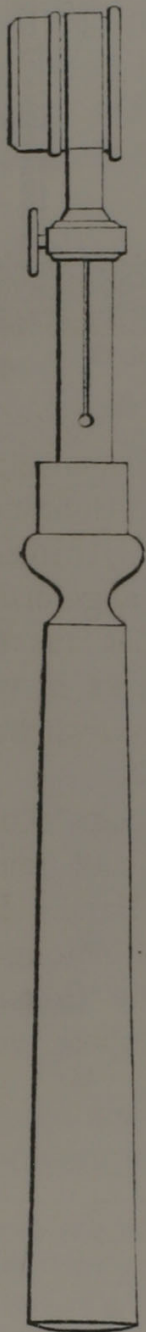


Fig. 86. 20mal vergrößernde aplanatische Lupe nach Steinheil von C. Zeiss.

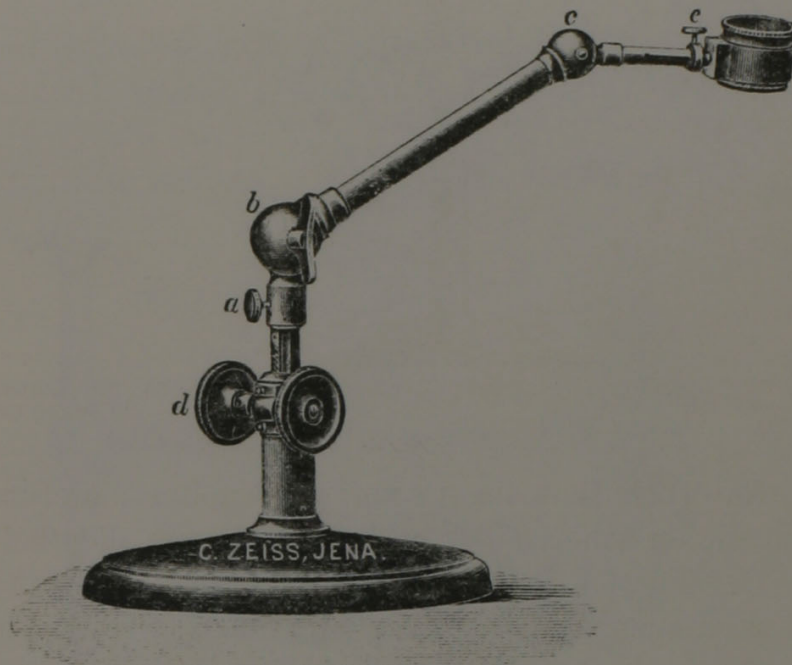


Fig. 87. Lupenstativ I von C. Zeiss mit aplanatischer Lupe nach Steinheil.

Fokalabstände der Brücke'schen Lupen 70 bis 60, die Durchmesser der Gesichtsfelder 13 bis 7 Millimeter. Ausführliche Angaben bieten die Preisverzeichnisse der

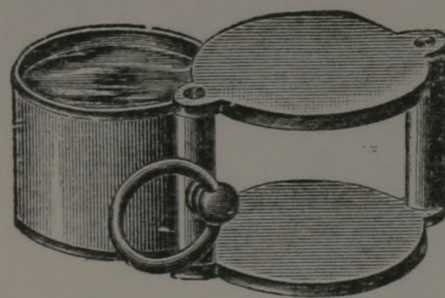


Fig. 88. Aplanat als Exkursionslupe von Leitz.

Firmen. Die Brücke'schen Lupen sind nach dem schon im vorigen Kapitel erwähnten, zuerst von Chevalier benutzten Typus konstruiert.¹⁾ Ein Doublet als Objektiv wird mit einer achromatischen Bikonkavlinse²⁾ als

¹⁾ Sitzungsberichte der K. K. Akademie zu Wien, 1851, VI. S. 554. Nach Harting hat Brücke von dem Vorgehen Chevaliers nichts gewusst. Brücke setzte sein Instrument aus den zwei achromatischen Linsen eines Mikroskop-Okulars von Plössl und einem gewöhnlichen Konkavglas eines Opernguckers zusammen.

²⁾ Nach einer Angabe von Bonanni, 1691, *Micrographia curiosa* Cap. III, pag. 12 ist die Erfindung dieses Prinzipes, welches Chevalier im Anfang des

Okular derart verbunden, dass durch Verschieben des Okularrohres im Objektivrohr der Abstand der Linsen und damit die Vergrößerung modifiziert werden kann. Vergrößerung und Gesichtsfeld sind bei den Brücke'schen Lupen kleiner, die Fokalabstände grösser, wie bei den Steinheil'schen. Hieraus resultirt die Art der Verwendung beider ohne Weiteres.

An Stativen montirt sind die Brücke'schen Lupen in den Laboratorien allenthalben vertreten. Eine solide Kombination bietet das Lupenstativ II von C. Zeiss, Fig. 89. Die Brücke'schen Lupen dazu sind sogenannte Präparirlupen von 4 bis 12 facher Vergrösse-

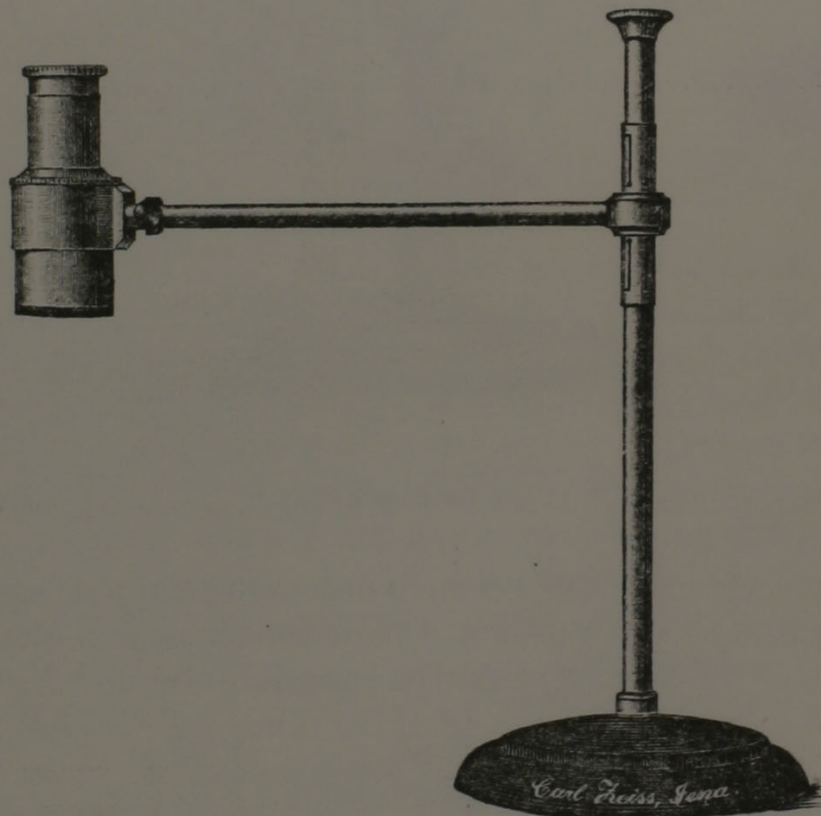


Fig. 89. Lupenstativ II von C. Zeiss mit Brücke'scher Lupe.

rung. Das Objektiv besteht aus einem Doublet von zwei plankonvexen, mit den Konvexitäten einander zugekehrten Linsen. Bei einer anderen

neunzehnten Jahrhunderts als neu bei seinen Lupen anwandte, und das dann später Brücke als sein Eigenthum ausgab, eigentlich einem „senex e Societate Jesu“ aus dem Anfang des siebzehnten Jahrhundert zuzuschreiben; Bonanni citirt an der betreffenden Stelle bei der Aufzählung aller derjenigen, die sich den Erfinderruhm des Mikroskopes gegenseitig streitig machen, als Gewährsmann einen Pater Nicolaus Cabeus (insignis Mathematicus, comment. in lib. 3. meteor. Arist. tract. 8) dafür, dass besagter Greis multis annis antequam de optico tubo inaudiretur duobus vitris concavo et convexo usus fuerat in horis suis canonicis recitandis. Mithin war in der That die Kombination einer konvexen (Objektiv-) mit einer konkaven (Okular-) Linse für Vergrößerungszwecke, also das von Chevalier und Brücke „erfundene“ Prinzip — schon im Beginn des siebzehnten Jahrhunderts in der Praxis bekannt!

Form bilden zwei achromatische Linsen das Okular, von denen die untere abgeschraubt werden kann. Alsdann reduziert sich die Vergrößerung von 30 auf 15 mal. Viele andere Firmen verfertigen Brücke'sche Lupen und montiren dieselben an zweckmässigen Stativen.

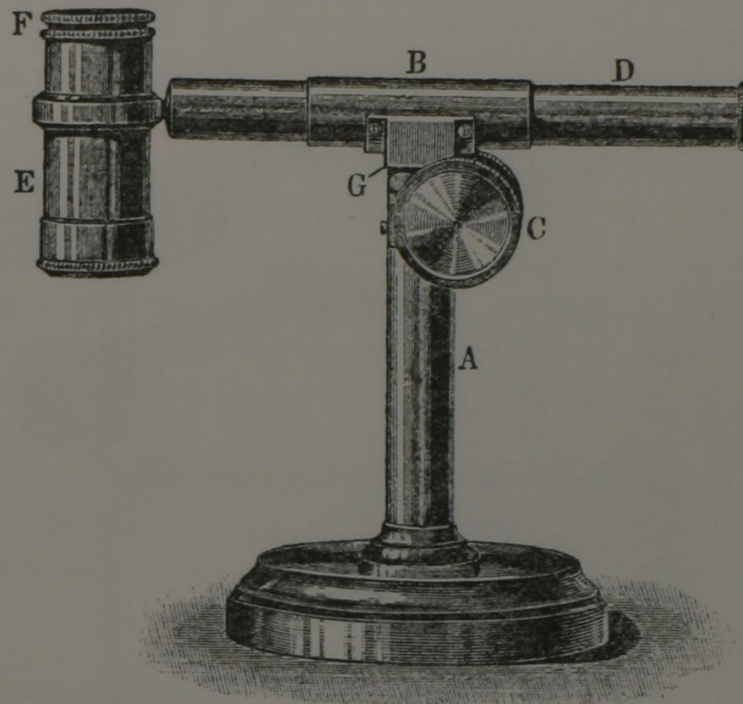


Fig. 90. Brücke's Lupe nach F. E. Schulze von Klönne und Müller.

Viel gebraucht und auch für die Arbeiten des Bakteriologen, besonders bei Zergliederungen kleinerer Thiere brauchbar, ist die von Franz Eilhart Schulze angegebene und von Klönne und Müller geführte

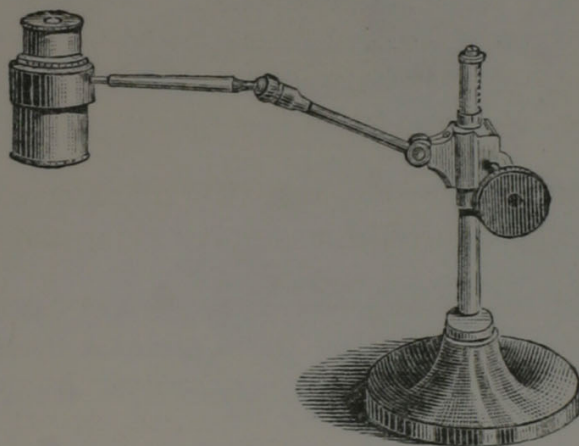


Fig. 91. Brücke'sche Stativlupe nach Hartnack.

Lupe, Fig. 90. Die Hoch- und Niederbewegung geschieht durch Zahn und Trieb; der Horizontalarm ist in der Hülse B dreh- und verschiebbar. Eine Brücke'sche Lupe auf etwas anderem Stativ von Hartnack montirt, zeigt Fig. 91. Der Horizontalarm lässt sich vermittelst Zahn und Trieb am senkrechten Stativarm verschieben, während die anderen Bewegun-

gen durch Gelenke im horizontalen Arm ermöglicht werden. In der Mitte desselben ist nach altem Vorbilde (Musschenbroek) ein Kugelgelenk angebracht. Ob dasselbe auf die Dauer stabile Einstellungen zulässt, erscheint mir jedoch zweifelhaft. Dasselbe gilt von der aus zwei durch eine Klemme verbundenen Kugelenden be-

stehenden Gelenkverbindung des horizontalen Armes an der „kleinen Stativlupe“ von Seibert. Letztere Verbindung kann allerdings durch Anziehen der Klemmschraube gefestigt werden.

Es sind auch Stative mit zwei Armen und Lupen in Gebrauch. Ein Beispiel davon liefert die in Fig. 92 abgebildete verbesserte

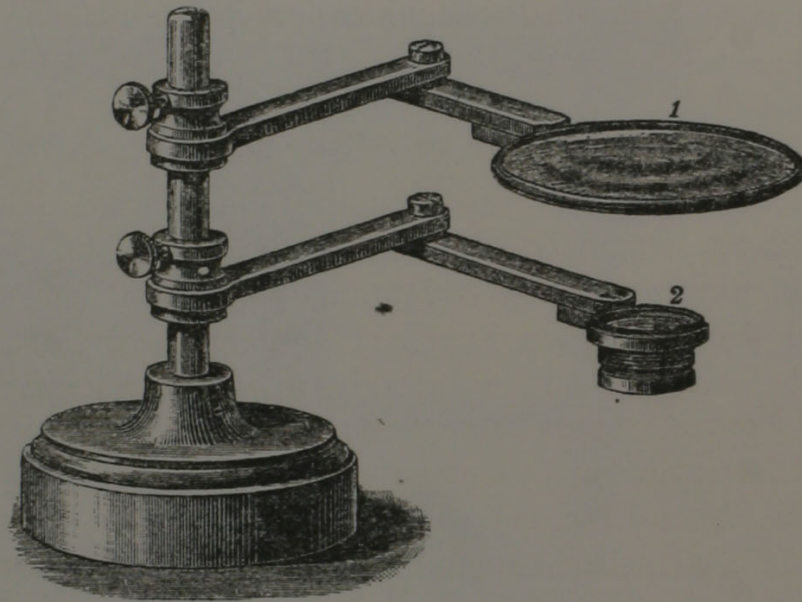


Fig. 92. Stativlupe nach Weinzierl von Reichert (Wien).

Stativlupe nach Th. von Weinzierl, die von Reichert in Wien verfertigt wird. Die grosse Bikonvexlinse am oberen Seitenarm vergrössert 2 bis 3mal; am unteren Arm ist ein achromatisches Doublet zu etwaiger 5maliger Vergrösserung eingesetzt. Beide Linsen können

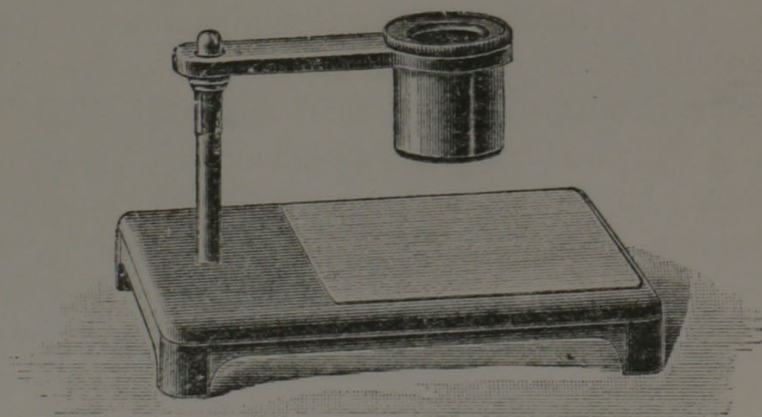


Fig. 93. Präpariertisch mit Lupe von Leitz.

auch mit einander kombinirt werden. Neben diesen Lupen und Aplanaten nach Brücke und Steinheil liefern die Firmen auch achromatische Doublets eigener Konstruktion, die zum Theil billiger sind und gute Leistungen aufweisen. Ein näheres Eingehen darauf glaube ich mir versagen zu dürfen; die Preisverzeichnisse enthalten alle erforderlichen Angaben.

Die letzterwähnten Instrumente werden zum Gebrauch vor, neben oder auf eine Vorrichtung zur Aufnahme der Objekte gestellt. Eine ganz einfache, aber zu manchen Zwecken brauchbare Kombination dieser Art zeigt Fig. 93, Präparirtisch mit Milchglasplatte (natürlich kann auch eine schwarze Platte eingesetzt werden) von E. Leitz.

Der letzterwähnte Apparat leitet über zu den eigentlichen einfachen oder Präparir-Mikroskopen des folgenden Abschnitts.

Präparir-Mikroskope.

Nachdem die zur Beobachtung mit starken Vergrößerungen eingerichteten einfachen Mikroskope, deren ich im vorigen Kapitel gedachte, ihre praktische Bedeutung einbüssten, sind, wie erwähnt, nur noch jene einfachen Typen in ausgebreiteter Benutzung, welche in den Laboratorien zum Präpariren bei schwacher Vergrößerung benutzt werden. Diese als „Präparir- oder Dissektions-Mikroskope“ bezeichneten Instrumente leiten sich alle von ein oder zwei Typen ab, deren Ursprung nach den Ausführungen der vorangehenden Kapitel in das siebzehnte und achtzehnte Jahrhundert sich zurückverfolgen lässt. Neue Typen sind auch in der letzten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts nicht aufgekommen. Die Präparirmikroskope aus der ersten Hälfte sind mit manchen nützlichen Verbesserungen versehen worden, die sich sowohl auf den optischen Theil wie auf das Stativ erstrecken. Wesentlich Neues ist jedoch nicht hinzugebracht. Nachfolgend beschränke ich mich auf eine Zusammenstellung derjenigen Instrumente, die zur Zeit der Abfassung dieses Werkchens in Deutschland en vogue sind; auch im Auslande erfreuen sich die Apparate eines wachsenden Absatzes. Von den englischen, amerikanischen, französischen Präparirmikroskopen habe ich Abstand genommen, weil denselben weder besondere Vorzüge noch historischer Werth hinsichtlich der Verbesserung des optischen oder mechanischen Theils zukommt. Die wenigen Typen des Präparirmikroskopes werden von zahlreichen Firmen ausgeführt. Ich beschränke mich der Hauptsache nach auf die Instrumente von C. Zeiss, E. Seibert und E. Leitz. Die theilweise vorzüglichen Leistungen auch anderer Werkstätten liefern ganz ähnliche Apparate, wie die aufgeführten, so dass eine besondere Aufzählung unterbleiben kann.

Nach den Erfahrungen des Verfassers wird das einfache Präparirmikroskop speziell in den bakteriologischen Laboratorien relativ wenig benutzt. Dies ist zu bedauern, denn gar manche lohnende Arbeit kann mit genanntem Instrument besser und vor Allem bequemer verrichtet werden als mit den schwachen Systemen der zusammengesetzten Mikroskope. Um nur eins zu erwähnen; die Präparation

von Pilzrasen, die ja auch in die Arbeitssphäre des Bakteriologen fällt, besonders von Kulturen auf undurchsichtigen Nährböden, ist viel bequemer und leichter mit dem einfachen Mikroskop.

Die Präparirmikroskope aus den ersten Jahrzehnten dieses Jahrhunderts werden natürlich zum Theil auch jetzt noch gebraucht, z. B. die im vorigen Kapitel erwähnte einfache Form von Mohl, Fig. 66. Auch die Instrumente von Chevalier sowie das in Fig. 94 abgebildete „Dissectionsmikroskop von Nacet“ datirt so weit zurück. Dazu wurden zwei Doublets sowie auch ein Binokulärapparat geliefert. Die seitlich angebrachten Flügel dienen zum Auflegen der Hände beim Präpariren. Brauchbare Präparirmikroskope sollen nachstehenden Anforderungen Rechnung tragen:

1. Die Lupen, Doublets etc., aus denen der optische Theil des Instrumentes besteht, sollen klare, fehlerfreie Bilder liefern und bei Vergrößerungen von etwa 60- bis 80mal noch soviel Arbeitsabstand besitzen, dass die Präparation der Objekte nicht behindert wird. Es ist zweckmässig, das Instrument zu verschiedenen Vergrößerungen einrichten zu können.

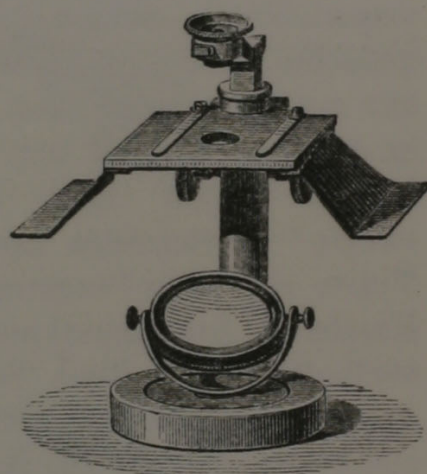


Fig. 94.
Dissectionsmikroskop von Nacet.

2. Die Einstellvorrichtung sei einfach aber sicher. Auch hier ist Zahn und Trieb dem Einstellen mit der Hand vorzuziehen.

3. Die Beleuchtungsvorrichtung soll ausreichendes, womöglich abzustufendes Licht gewähren. Vorkehrungen zur Anbringung von diffusem Lichte oder zur Erzeugung eines dunklen Untergrundes sind erwünscht.

4. Die Instrumente haben zweckmässig eine Höhe von etwa 150 Millimeter, damit ihre Okulare dem Auge bequem sind.

5. Vorkehrungen zum Stützen der präparirenden Hände sind unerlässlich. Im Prinzip erscheint es zweckmässig, diese Stützen so anzubringen, dass das eigentliche Stativ davon nicht belastet wird. Ist dies dennoch der Fall, dann muss das Stativ so solide gebaut sein, dass Schwankungen des Objektisches ausgeschlossen sind.

6. Der Objektisch sei so geräumig, dass die Objekte darauf nicht nur eben Platz haben, sondern auch verschoben und in beliebige Stellung gebracht werden können.

7. Zweckmässig ist eine derartige Beweglichkeit der Linse, dass auch grössere Objekte abgesucht werden können, ohne verschoben zu werden.

Einige dieser Forderungen werden ganz bequem erfüllt durch die Benutzung von zwei besonderen Apparaten, die für andere Zwecke auch allein gute Verwendung in unseren Laboratorien finden, nämlich einer der erwähnten Stativlupen und eines kleinen mit Beleuchtungs-

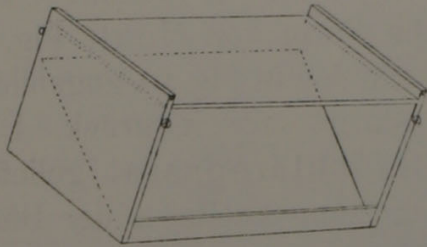


Fig. 95.
Einfaches Präpariergestell (Durchleuchter).

vorrichtung versehenen Präpariergestelles. Letzteres entspricht dem Typus des erwähnten Mohl'schen Kästchens und ist, wie erwähnt, vielfach in Gebrauch. Ich benutze mit Vorliebe ein einfaches Gestell (Durchleuchter) von der Form der Fig. 95. Dasselbe besteht aus einem Holzkästchen von den Dimensionen: 20 cm lang, 12 cm tief, 10 cm hoch.

Die offene Vorderseite wird dem Licht zugekehrt, damit dasselbe durch den im Innern diagonal angebrachten Spiegel (gewöhnlicher, billiger Toilettenspiegel) von unten auf die zur Aufnahme der Objekte bestimmte Spiegelglasplatte fällt, welche an Stelle der oberen Wand eingesetzt ist. Jede Stativlupe ist dazu zu gebrauchen. Wird die Lupe fest mit dem Instrument (nach Mohl) verbunden, so ist ein billiges und sehr brauchbares, einfaches Mikroskop fertig. Fig. 96 zeigt ein solches nach Ranvier, „Photophor“ genannt.

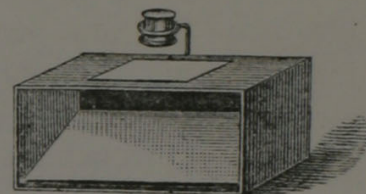


Fig. 96.
Ranvier's Photophor.

Dasselbe wird billig hergestellt aus einem Cigarrenkistchen, einem darin diagonal im Winkel von 30 bis 35° angebrachten Spiegel, einer in das Loch der oberen Wand eingelassenen Glasplatte und einem an der hinteren Wand angebrachten, knieförmig gebogenen Draht,



Fig. 97.
Untersuchungstisch nach Krönig.

in dessen zum Ring geformten vorderen Ende die Lupe oder das Doublet steckt. Anstatt der Kästen mit Spiegel kann man auch den von Krönig angegebenen Untersuchungstisch benutzen, dessen Objektplatte aus einem durchsichtigen, einem milchweissen und einem schwarzen Kreissegment zusammengesetzt ist, Fig. 97.

Die vorerwähnten, aus kleinen Kästchen mit Spiegel verfertigten Instrumente sind für viele Arbeiten mit schwachen Vergrößerungen

recht brauchbar. Will man dieselben in Verbindung mit Lupe und Einstellvorrichtung also ganz in der Form eines regelrechten, einfachen Mikroskopes haben, so diene dazu als Typus das elegante und praktische Präparir-Mikroskop, welches Seibert zuerst für Ziemssen angefertigt hat, Fig. 98. Der gläserne Objektisch ist 12×18 cm gross, die Einstellung geschieht durch Zahn und Trieb. Länge und Gelenkigkeit des Lupenarmes gestatten eine Absuchung der ganzen Objektischfläche. Neu und recht zweckmässig ist die Einrichtung des Beleuchtungsspiegels. Derselbe kann vermittelst Gleiten in zwei senk-

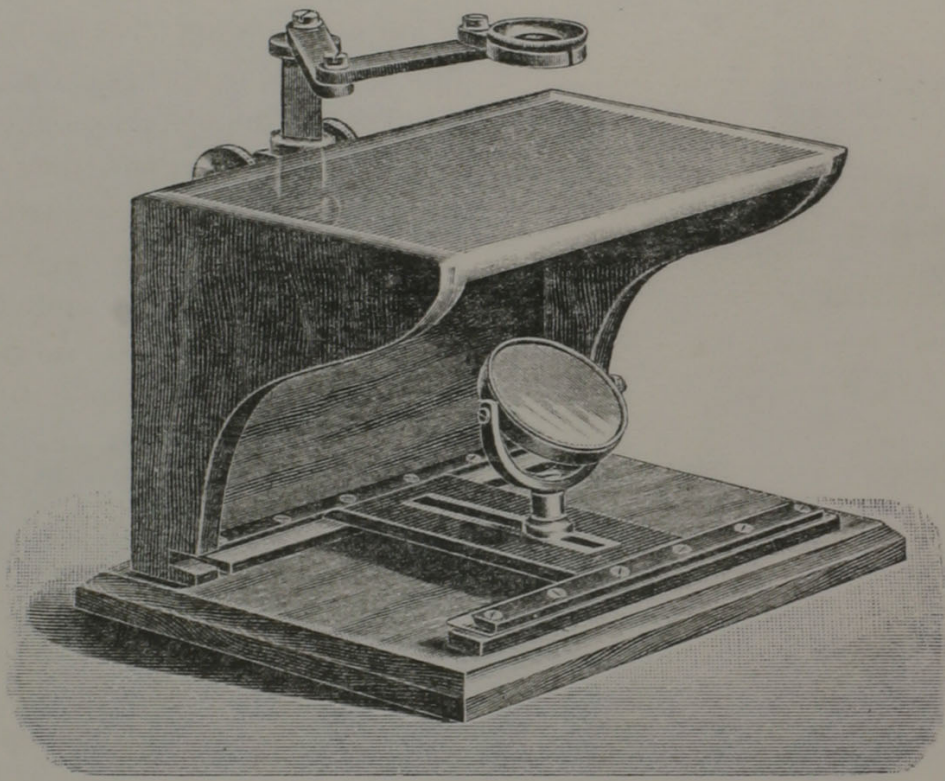


Fig. 98. Präparir-Mikroskop für grosse Objekte von Seibert.

recht zu einander auf der Fussplatte angebrachten Schienenpaaren so verschoben werden, dass jede Stelle des Glastisches beleuchtet werden kann.

Die eine Seite des Spiegels ist plan; die Rückseite besteht aus einer milchweissen Emailleplatte, um bei ganz schwachen Vergrösserungen mit diffusem Licht beleuchten zu können.

Von den Formen der eigentlichen, einfachen Mikroskope, welche heutzutage in den Laboratorien in Gebrauch sind, wurden einige von den betreffenden Firmen schon vor den fünfziger Jahren dieses Jahrhunderts verfertigt. Ein solches einfaches und für viele auch bakteriologische Arbeiten brauchbares Instrument zeigt Fig. 99, im derzeit neuesten Preisverzeichniss von Zeiss mit Präparirstativ V bezeichnet. Das Stativ ist aus Messing. Die Einstellung geschieht mit der Hand. Dazu können gebraucht werden einfache Lupen (Ver-

gösserung 10 mal mit 13 mm Fokalabstand), sowie Doublets (15—30 mal). Präparirklötze zum Handauflegen werden dazu geliefert. Ein an-

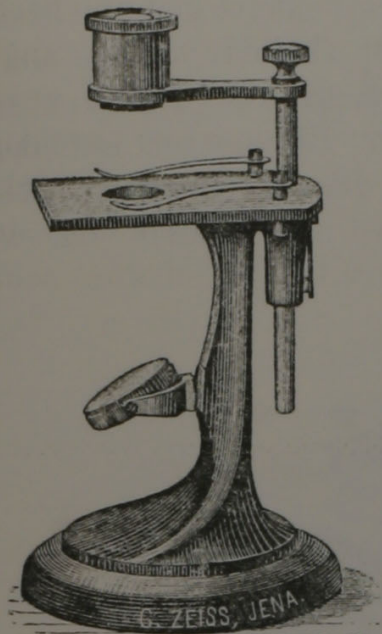


Fig. 99. (Präparirstativ V.)
Kleines, einfaches Mikroskop von
C. Zeiss.

deres einfaches Mikroskop der genannten Firma in seiner neuesten Form zeigt die Fig. 100, im Preisverzeichniss als „Präparirstativ IV“ aufgeführt. Die grobe Einstellung geschieht hier mit der Hand durch Auf- und Abschieben des senkrechten Systemhalters, die feine vermittelt einer Mikrometerschraube. Das Instrument wird entweder auf besonderem, schwerem Präparirfuss mit seitlich anzubringenden Backen für das Auflegen der Hände oder gleich auf dem hölzernen Präparirfuss aufgeschraubt geliefert. Aehnliche Instrumente mit kleinen Abweichungen in der Form der einzelnen Theile liefern viele anderen Firmen ebenfalls. In manchen Werkstätten ist das zum Verpacken dienende Kästchen

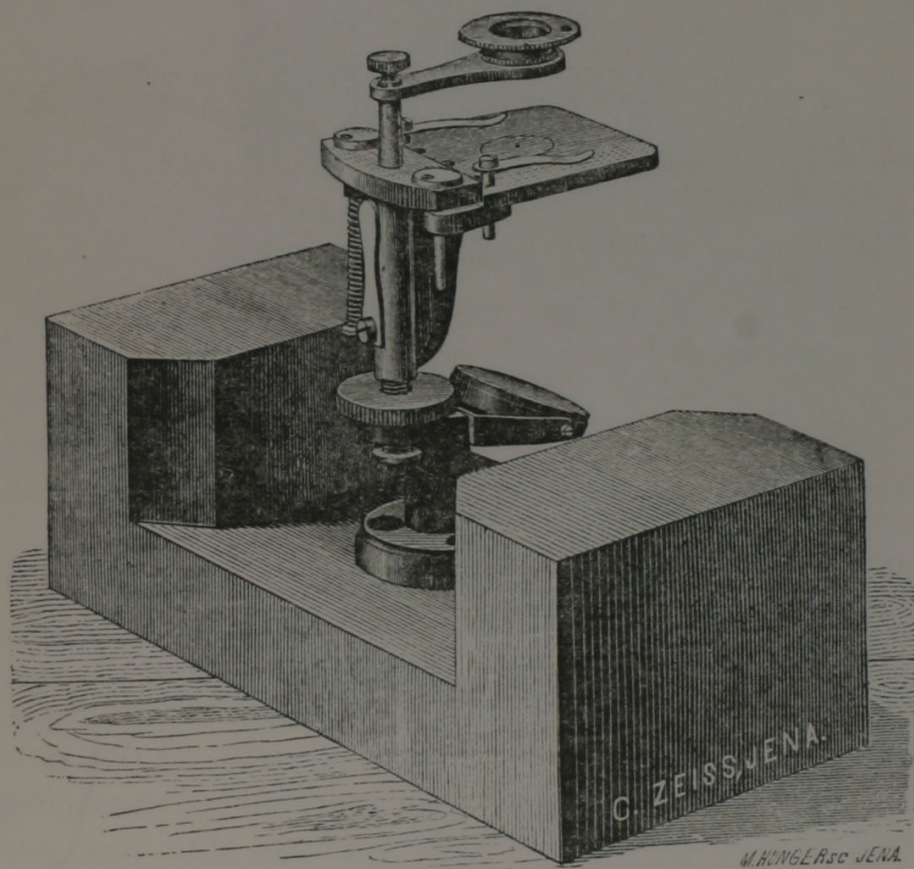


Fig. 100. Präparirstativ IV, einfaches Mikroskop mit Holzfüßen von C. Zeiss.

so eingerichtet, dass es als Präparirfuss gebraucht werden kann, oder der Klotz ist mit kleinen Schubladen zum Aufbewahren von

Instrumenten, Reagentien etc. versehen. Die letzterwähnten beiden Instrumente haben einen metallenen Objektisch. In Fig. 101 ist das grosse Lupen-Mikroskop von E. Leitz abgebildet, welches eine Glasplatte als Objektisch verwendet, ähnlich wie die vorerwähnten kleinen Kästen oder das Instrument von Seibert in Fig. 98. Gleich diesem ist auch hier der Planspiegel auf der Rückseite mit Milchglasplatte versehen. Die Freiheit in der Bewegung des Spiegels sowohl als des horizontalen Linsen-

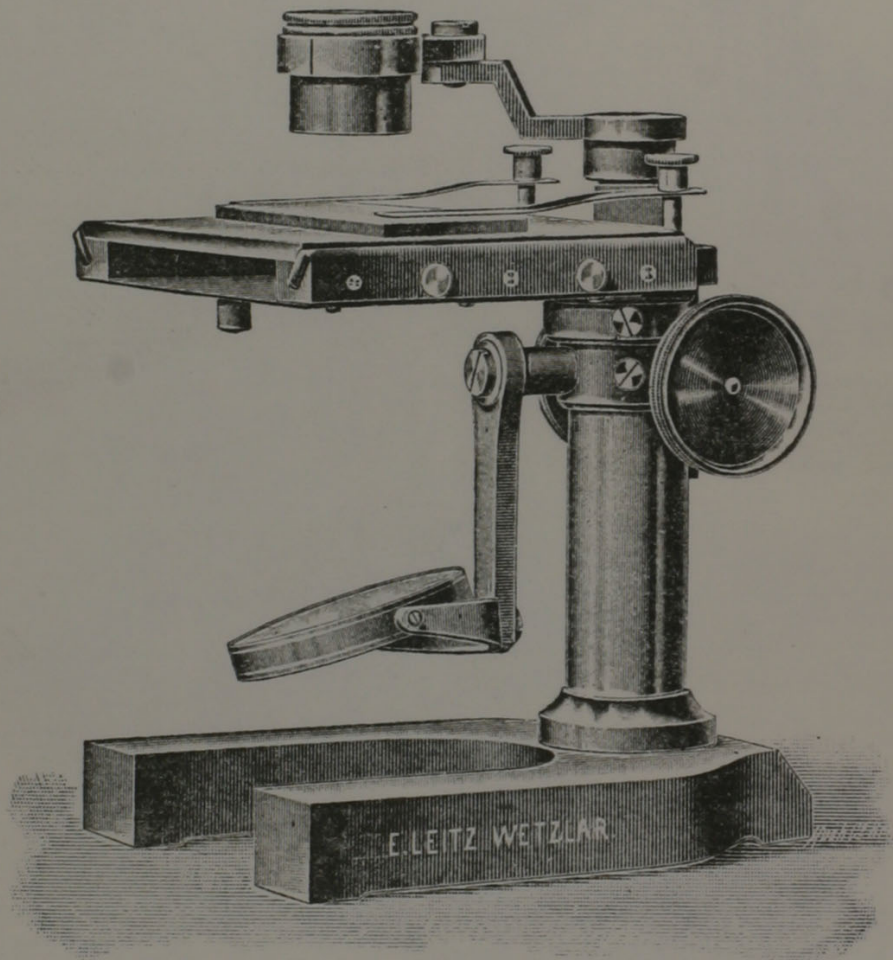


Fig. 101. Grosses Lupen-Mikroskop von E. Leitz.

trägers ermöglichen die Arbeit an jeder Stelle des grossen Glastisches. Lupen bis zu 100maliger Vergrösserung können Verwendung finden. Stützen zum Auflegen der Hände werden in die Knöpfe seitlich an der Metallfassung des Objektisches angebracht. Die Einstellung geschieht durch Zahn und Trieb.

Ein Instrument, welches in seinem äusseren Habitus an das Nacet'sche Mikroskop, Fig. 94, erinnert, ist das Mikroskop mit Präparirstativ III von Zeiss, welches einer Reihe anderer Instrumente zum Vorbild gedient hat und auch in bakteriologischen Laboratorien viel gebraucht wird, Fig. 102. Als optischer Apparat werden dazu verwendet: ein Präparirsystem, nach Art der Chevalier-Brücke-

schen Lupen aus einem achromatischen Konkavokular und drei achromatischen Objektivlinsen bestehend. Die Kombination aller dieser Linsen liefert 100 malige Vergrößerung bei einem Arbeitsabstand von 9 mm. Schwächere, der Reihe nach von 15 bis 60 abgestufte Vergrößerungen mit ausgiebigeren Fokalabständen können erzielt werden durch Gebrauch des Systems nach Abschrauben der dritten und der zweiten Objektivlinse sowie mit der letzteren ohne das Konkavokular. Ferner

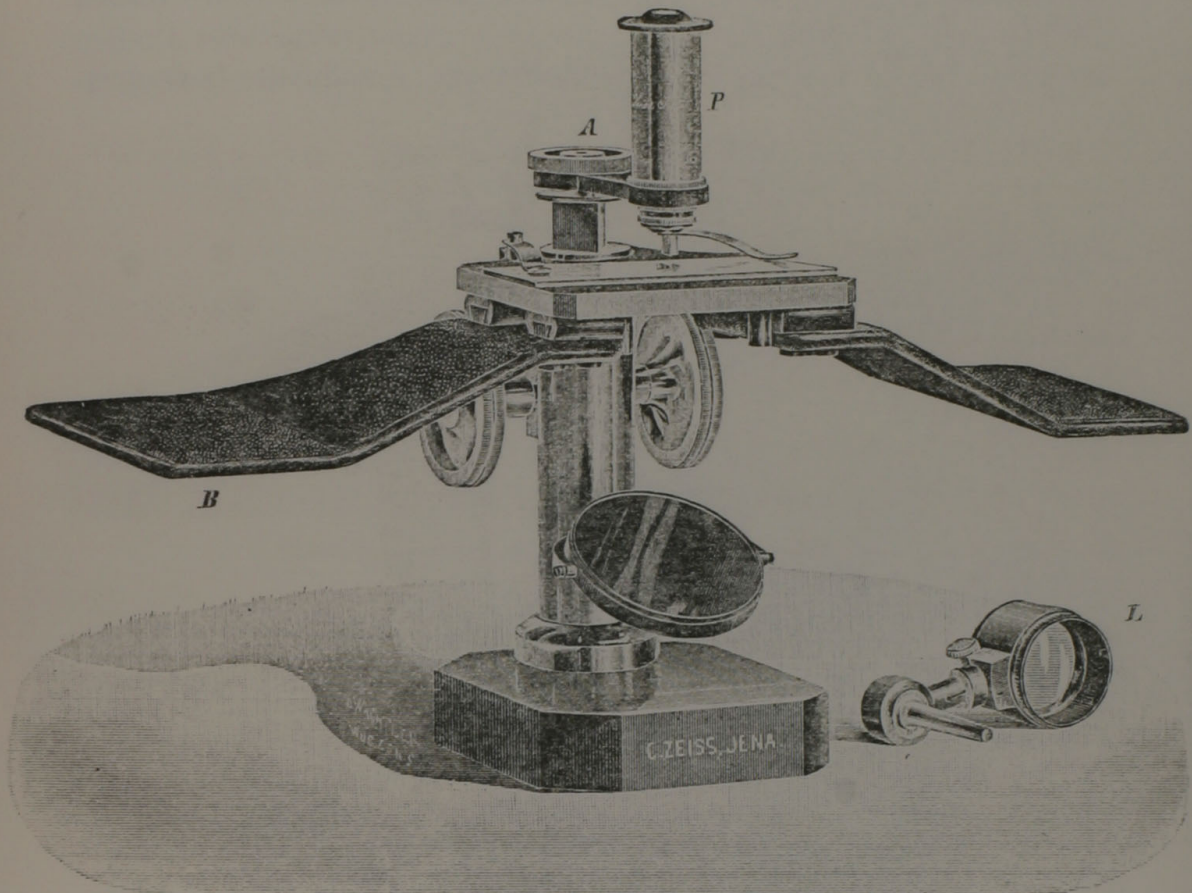


Fig. 102. Mikroskop mit Präparirstativ III von C. Zeiss.

kann das Stativ armirt werden mit der aplanatischen Lupe nach Steinheil, Fig. 86, welche sehr grosses Gesichtsfeld und grossen Arbeitsabstand gewährt; schliesslich ist noch der Steinheil'sche Aplanat von Fig. 84 in der bei L abgebildeten Fassung an dem Mikroskop zu benutzen. Die seitlichen Präparirbacken sind mit Leder überzogen, Zahn- und Trieb-Einrichtung ist sehr solid und sicher. Das Ganze, in kleinem Kästchen eingeschlossen, ist auch für Exkursionen praktisch. Der Tisch hat die Grösse von 75×60 mm.

Trotzdem das letzterwähnte Mikroskop für die Präparierzwecke insbesondere des Bakteriologen ausreicht, erwähne ich noch das von Paul Mayer angegebene grösste C. Zeiss'sche Instrument dieser

Reihe mit dem Präparirstativ I, Fig. 103. Zunächst ist dessen Objektisch, ähnlich wie bei dem grossen Lupen-Mikroskop von Leitz, Fig. 101, ein Metallrahmen, in und an welchem je nach Bedarf verschiedene Unterlagen für das Objekt angebracht werden können. Die Grösse dieses Tisches beträgt 100×100 mm. In den Tisch können anstatt des gewöhnlichen durchbohrten Metalltisches entweder eine Spiegelglasplatte oder eine massive Messingplatte zum Aufkitten von Schalen etc. eingesetzt werden. Bei Benutzung des gewöhnlichen Tisches oder der Glasplatte kann als Untergrund vermittelt Drehen an dem Griff A eine weisse oder schwarze Emailplatte zwischen-

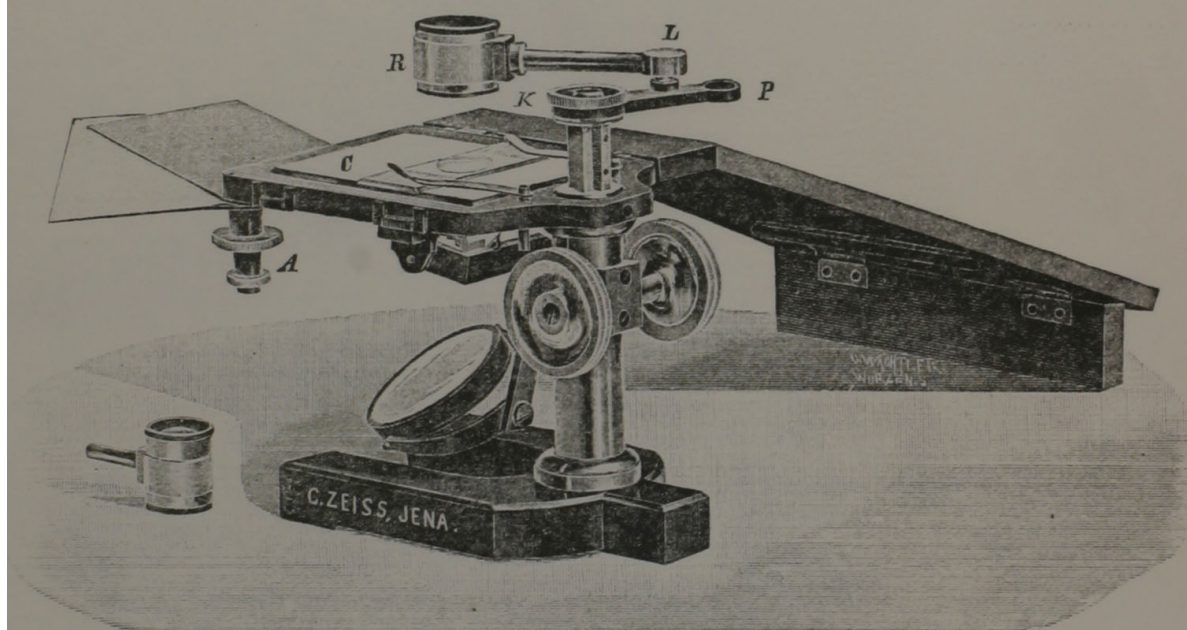


Fig. 103. Einfaches Mikroskop nach Paul Mayer mit grossem Präparirstativ I von C. Zeiss.

geschaltet werden. Bei P am horizontalen Arm geschieht der Einsatz der beim vorigen Instrument erwähnten Präparirsysteme. Für schwächere Vergrösserungen werden Steinheil'sche Aplanate am Arm L R durch Klemmring befestigt. Der Arm wird bei L in den Querarm K P eingesteckt. Zum Auflegen der Hände und Unterarme dienen die an der einen Seite der Figur sichtbaren, zum Zusammenklappen eingerichteten, sich auf den Tisch stützenden hölzernen Präparirbacken.

Am Schluss dieses Kapitels erwähne ich noch ein älteres Mikroskop von Field & Comp., Birmingham, gefertigt nach Marschall, welches seiner Zeit der Londoner Verein für Mikroskopie mit dem grossen Preis belohnte, und das v. Thanhoffer¹⁾ als „recht

¹⁾ Dr. Ludwig v. Thanhoffer, Das Mikroskop und seine Anwendung, Stuttgart, Enke, 1880, s. Lit.

sinnreich, kompendiös und bei Exkursionen von unschätzbarem Werthe“ bezeichnet. Das Instrument kann auch zu einem zusammengesetzten Mikroskop kompletirt werden. In dem zur Aufbewahrung bestimmten Kästchen sind zahlreiche Instrumente für die Präparationen mit untergebracht. Sogar ein mit Spiritus heizbarer Glastrog, ein Drehtisch zur Anbringung der Lackringe an runde Deckgläschen, ein Satz Chemikalien u. a. m. fehlen nicht. Die Idee solcher Kombinationen ist, wie aus den früheren Kapiteln ersichtlich, schon älteren Datums.

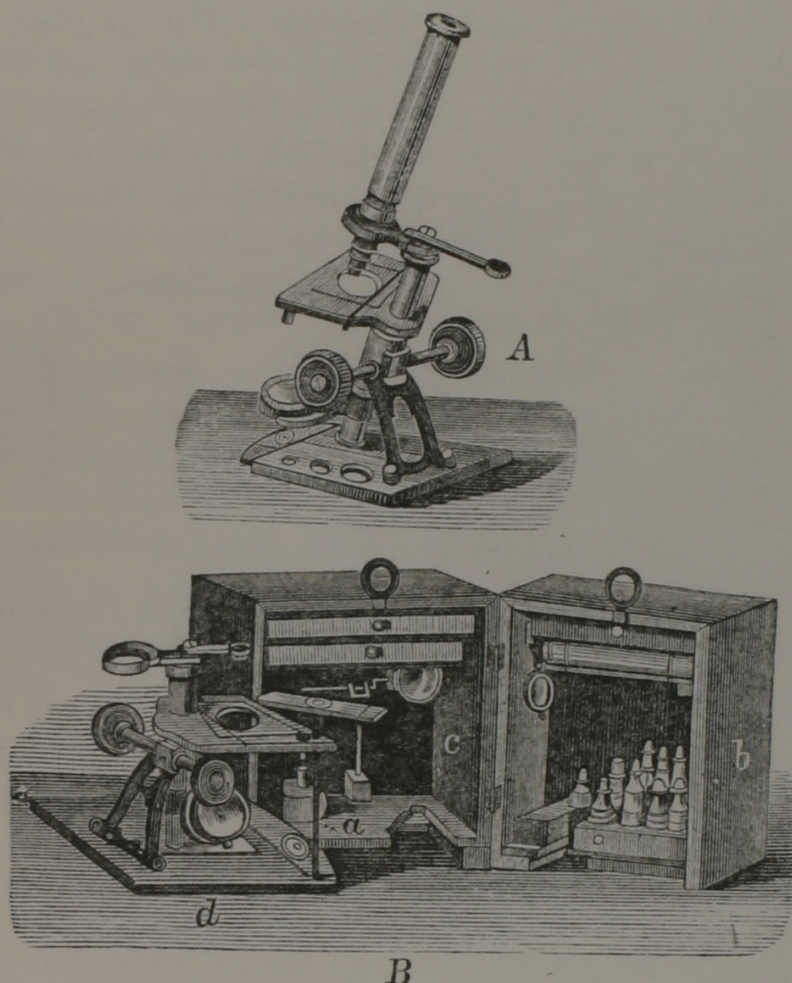


Fig. 104. Exkursions-Mikroskop nach Marshall von Field & Co., Birmingham.

Siebentes Kapitel.

Das zusammengesetzte Mikroskop im siebenzehnten Jahrhundert (von Janssen bis Zahn).

Die zu Middelburg in der holländischen Provinz Seeland um 1590 erfolgte Erfindung des zusammengesetzten Mikroskopes, und die Erwägungen, welche den Ruhm dieser allerdings keineswegs „epochemachend“ auftretenden That an die Namen Johannes und Zacha-

rias Janssen knüpfen, sind im zweiten Kapitel ziemlich ausführlich abgehandelt worden. Hier erübrigt noch eine Abbildung jenes ersten und ältesten Instrumentes einzuschalten (Fig. 105). Das Instrument bestand aus vier gelötheten, innen verzinnten Röhren von Eisenblech; der optische Theil steckte in den beiden Enden des Tubus A, und war darin nach Bedürfniss der Einstellung durch Gleiten verschiebbar. Das Okularrohr C enthielt an dem unteren Ende die in einem Holzbüchsen mittels Drahttring befestigte plankonvexe Okularlinse. Dieselbe besass eine Brennweite von drei Zoll. Oben schloss das Okularrohr mit einem konkaven Diaphragma ab. Das Objektiv bestand aus zwei ineinandergeschobenen Röhren; die bikonvexe Objektivlinse (3 Zoll Brennweite) war am unteren Ende des inneren Rohres angebracht; oben hatte dies Rohr, wie das Okular, ein Diaphragma. Das Rohr B, in dem das eigentliche Objektiv B¹ verschoben werden konnte, war oben zur Aufnahme dieses Rohres offen und endigte unten an der Objektseite des Instruments wie das Okular in ein

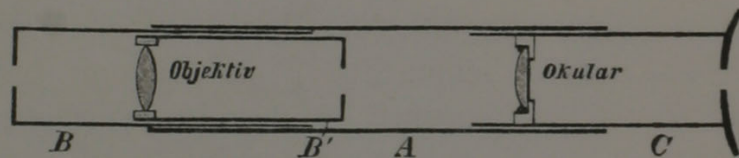


Fig. 105.

Durchschnitt des ersten zusammengesetzten Mikroskopes von Janssen (1590) nach van Heurck.

Diaphragma. Zum Gebrauch wurde zunächst das Objektiv B¹ in das Rohr B hinabgeschoben, und dann B und das Okular C soweit als möglich aus A herausgezogen. Man hielt das Instrument in der Hand und richtete sein unteres Ende auf das möglichst kräftig beleuchtete kleine Objekt. Das Mikroskop diente also nur zu schwachen Vergrößerungen im auffallenden Licht. Die Zeichnung ist der 1891 erschienenen vierten Auflage des Buches von van Heurck¹⁾ entnommen, und bezieht sich auf ein Mikroskop aus der historischen Sammlung des letztgenannten Forschers, welches unter Aufsicht von Mayall getreu nach einem älteren, in Middelburg aufbewahrten Exemplar angefertigt worden ist.

Harting hält das Middelburg'sche Mikroskop zwar für sehr alt, glaubt aber nicht, dass es wirklich von Janssen selbst herrühre. Bei der Ausstellung der Microscopie générale et retrospective gelegentlich der dreihundertjährigen Jubelfeier der Erfindung des Mikroskopes in Antwerpen, 1891, waren beide Instrumente ausgestellt, das angeblich echte von der Zeeuwsche Genootschap der Wetenschappen zu Middelburg, und das getreue Faksimile als erste Nummer der hochinteressanten Sammlung „Microscopie retrospective“ vom Prof.

¹⁾ Dr. Henri van Heurck, Le Microscope etc. Anvers—Bruxelles, 1891.

van Heurck.¹⁾ Diese ältesten Instrumente hatten also noch kein Stativ. Das Mikroskop, dessen W. Borel in seinem Kap. 2 abgedruckten Brief vom 9. Juli 1655 an Petrus Borellus Erwähnung thut, ist daher schon vervollkommenet gewesen, da der $1\frac{1}{2}$ Fuss lange, zwei Finger breite aus vergoldetem Messing bestehende Tubus vermittelst dreier Delphine auf einer Fussplatte von Ebenholz ruhte. Diese Fussplatte diente gleichzeitig als Objektisch. Wie aus dem Briefe hervorgeht, hat dessen Schreiber ein solches Mikroskop bei Cornelius Drebbel gesehen, der es vom Erzherzog Albrecht von Oesterreich, obersten Statthalter in Belgien, als Geschenk bekommen hatte. Nach den Mittheilungen des Borellus liess sich der Tubus „wie ein Fernrohr“ ausziehen. Nach diesem Typus sind im siebzehnten Jahrhundert viele Mikroskope angefertigt worden. Die Kap. 2 erwähnten Mikroskope des Eustachio Divini aus Rom gehören, obschon verbessert, gleichfalls hierher. Wenigstens geht dies aus den Beschreibungen und auch aus der von Schott gelieferten Abbildung, Fig. 4⁴, hervor. Das Instrument, wie ein Fernrohr ausziehbar, wird von Schott als ein über daumendickes, fusslanges Rohr beschrieben, das an beiden Enden ein „vitrum“ hatte und senkrecht „super tripedale fulcrum“ aufgestellt wurde „ut in figura apparet“. Letzteres ist allerdings ausser der vertikalen Stellung in der Figur des Schott nicht zu sehen, ebenso wenig wie die Benutzung der Fussplatte als Objektisch. Dass die Objekte wirklich in dieser Weise untergelegt wurden, geht aber aus dem nächsten Satze der Beschreibung hervor: *infra tubum spargunt pulverem aureum aut argenteum minutissimum, sternunt flores, herbas, arborum folia, vel quidquid libuerit, eaque per superius et erectum os aspiciunt.*²⁾ Diese Art der Betrachtung wurde also als etwas damals Neues und Eigenthümliches im Gegensatz zu dem wagerecht gehaltenen vitrum pulicare, hervorgehoben. Die Abbildung des Divini'schen Mikroskopes bei Schott (1657/58) muss daher wohl als die älteste Abbildung eines zusammengesetzten Mikroskopes gelten, die wir besitzen. Ein Bild der auf dem Dreifuss-Stativ oder auf den Delphinen montirten Instrumente ist mir nicht bekannt.³⁾ Der Typus ist jedoch an späteren Mikroskopen z. B. dem gleich zu erwähnenden des Griendl von Ach unverkennbar. Divini's Mikroskop war, wie erwähnt,

¹⁾ Exposition internationale d'Anvers, 1891, Catalogue und: Rapport du Jury, 1891.

²⁾ — unter den Tubus streut man ganz feinen Gold- oder Silberstaub, Blüten, Kräuter, Baumblätter, kurz, was gerade beliebt und betrachtet es von oben her durch das aufgerichtete Rohr.

³⁾ Ein Mikroskop von Eustachio Divini wird übrigens im physikalischen Museum der Universität Padua aufbewahrt.

schon etwas besser als die Janssen'schen ersten Instrumente. Das *Giornale dei letterati* vom Mai 1667²⁾ brachte eine Beschreibung der Mikroskope des Eustachio Divini. Ein Referat darüber steht in den Berichten der Royal society zu London vom Jahre

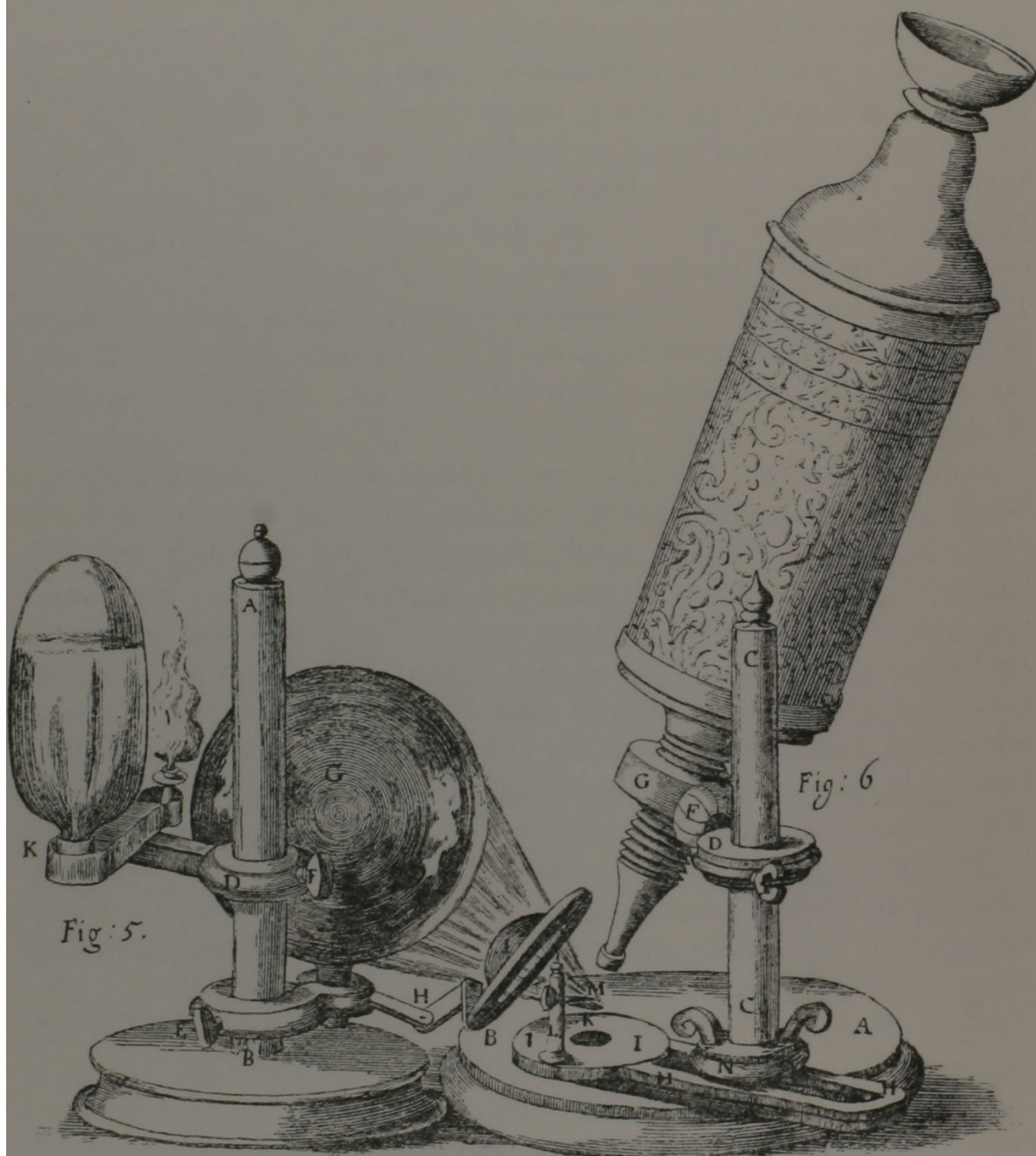


Fig. 106. Mikroskop von Robert Hooke, 1667. Faksimile der Original-Abbildung.

1668 (*Philosophical transactions*, Vol. III 1668 p. 842) unter dem Titel: „Description of a Microscope of a new fashion, by the means whereof there hath been seen an animal lesser than any of those seen hitherto“; dies winzige Thierchen (mit mehreren Füßen und weissem Rücken) wurde beim Durchmustern von Sand gefunden; es war vergrößert nur so gross wie ein Sandkorn und wurde „Atome

²⁾ Nach Harting schon 1665.

of Animals“ genannt.¹⁾ Bei der gleichen Vergrößerung sah ein Sandkorn gross wie eine (Hasel?) Nuss aus. Sehr stark hat das Mikroskop demnach wohl nicht vergrössert, trotzdem die damalige Zeit über seine Leistung erstaunt war. Divini's Verbesserung bestand vornehmlich darin, dass er sein Okular aus zwei sich mit den Mittelpunkten der konvexen Seite berührenden Plankonvexgläsern konstruierte. Die ausführliche Beschreibung des „neuen“ Mikroskopes findet sich in der 1667 erschienenen *Synopsis optica* des Honoratius Fabri, Soc. Jesu (Lugduni Gall. in 4^o), propos. 46. Das Mikroskop war 16 $\frac{1}{2}$ Zoll hoch und konnte zu vier verschiedenen Längen ausgezogen werden. Bei der geringsten Länge vergrösserte es 41mal, bei der zweiten 90mal, der dritten 111mal, der vierten 143mal (linear). Der Durchmesser des Gesichtsfeldes, gemessen in der Höhe der Objektebene betrug für Vergrößerung eins 8 Zoll 7 Linien, für zwei 12 Zoll 4 Linien, für drei 13 Zoll und für vier etwas mehr als 16 Zoll.

Wir sehen also, dass jenes erste Janssen'sche Mikroskop immerhin in den ersten Jahrzehnten nach der Erfindung in verschiedenen Ländern verbessert wurde. Allerdings ging dies ziemlich langsam, und zwar vornehmlich wohl deswegen, weil es im Grunde genommen nur schwache Vergrößerungen lieferte, und zunächst allein für Beobachtungen mit auffallendem Licht benutzt wurde, wohingegen das einfache Mikroskop stärkere Linsen besass und fast ausschliesslich zum Arbeiten mit durchfallendem Licht diente. Diese Untersuchungen boten für die Gelehrten und Liebhaber der Mikroskopie jener Zeit aber ein grösseres Interesse, und daher mag der Fortschritt für das zusammengesetzte Mikroskop wohl etwas verlangsamt worden sein. Erst Tortonì gab ein zusammengesetztes Mikroskop für durchfallendes Licht an und Bonanni, dessen Mikroskop alsbald uns ausführlicher beschäftigen wird, verbesserte die Einrichtung wesentlich. Diese Verbesserungen waren für die Zukunft des zusammengesetzten Mikroskopes entschieden bahnbrechend.

Ebenfalls für auffallendes Licht, aber unter Zuhilfenahme eines recht praktischen Beleuchtungsapparates war das Mikroskop des Robert Hooke,²⁾ 1665 eingerichtet, dessen Abbildung, in Fig. 106 faksimilirt, bisher als die älteste vorhandene Abbildung eines zusammengesetzten Mikroskopes gegolten hat. Hooke beklagt in der Einleitung seines Werkes, dass selbst die besten englischen Linsen noch sehr unvollkommen seien. Von zehn falle bei der Herstellung vielleicht

¹⁾ Dürfte eine Milbe gewesen sein.

²⁾ R. Hooke, *Micrographia*, London 1667. — (Den vollständigen Titel siehe im Literatur-Verzeichniss.) Erste Ausgabe erschien 1665. Vgl. das erwähnte Referat in der Royal society.

nur eine zur Zufriedenheit aus. Wenn man eliptische oder sonst welche „of some more true shape“ herstellen könnte, so würde man Besseres erzielen. Die Apertur der stark vergrössernden Linsen sei so sehr klein, dass zu wenig Licht durchgehe. Um diesem Uebelstand möglichst abzuhelpen, verfuhr er bei seinen mikroskopischen Untersuchungen wie folgt: Das Mikroskop wird in einem Raum, der nur ein nach Süden gehendes Fenster hat, 3 bis 4 Fuss von demselben auf einem Tisch aufgestellt. Zur Konzentrirung des Lichtes auf das Objekt dient entweder eine Glaskugel mit Wasser oder eine „very deep“, klare Plankonvexlinse, mit der Konvexität zum Fenster gerichtet. Bei Sonnenschein kommt zwischen das Objekt und das Licht, und zwar ganz dicht an das Objekt, ein Oelpapier, auf welches mittelst eines sehr guten, grossen Brennglases die Sonnenstrahlen projiziert werden. Die Entfernung der Linse wird so bemessen, dass das Papier nicht ansengt. Besser ist es deshalb, ein auf der einen Seite mattgeschliffenes Stück Spiegelglas zu benutzen, wobei man das Licht noch stärker konzentriren kann. Auf diese Art wird das Licht gleichmässig diffus, und die störenden blendenden Reflexe fallen fort. Um ferner von den Schwankungen des Sonnen- oder Tageslichtes unabhängig zu sein, eventuell auch bei mangelndem natürlichen Licht arbeiten zu können, stellt Hooke sich einen besonderen Beleuchtungsapparat her, der in der linken Hälfte von Fig. 106 (als Fig. 5) sichtbar ist. An der senkrechten Säule A des Stativs B können in beliebiger Höhe die beiden Ringe D und E mittelst eiserner Schrauben festgestellt werden. Der obere Ring trägt an einem Querarm die Oellampe K; am unteren Ring ist seitlich die mit klarstem Salzwasser (brine) gefüllte Schusterkugel G angebracht; an die untere Fassung des Kugelhalses schliesst sich der mit mehreren Gelenken versehene Arm H, welcher in dem Ring B eine grössere plankonvexe Linse J trägt.¹⁾ In der Weise, wie dies die Figur zeigt, wird das Licht der Lampe auf das kleine Objekt konzentriert. Augenscheinlich war diese Vorrichtung äusserst zweckmässig und braucht den Vergleich mit unseren modernen Mikroskopirlampen gar nicht zu scheuen! Hooke's Mikroskop zeigt die Fig. 6 der Fig. 106. Der wohl aus Holz und Pappe verfertigte Mikroskopkörper war 6 bis 7 Zoll lang und etwa 3 Zoll in der Mitte breit. Er konnte durch vier Auszüge verlängert werden. Im Innern waren drei bikonvexe Linsen angebracht: unten die kleine Objektivlinse, in der Mitte ein dünneres „Eye glass“ und oben „a very deep one“ Okularglas. Diese Kombination erzielte ein grosses Gesichtsfeld „to see much of an object at once“. Um

¹⁾ Warum Hooke eine plankonvexe und nicht eine bikonvexe Linse für diesen Zweck benutzte, giebt er nicht an. Schon Smiths (opticks, 1738, s. Lit.-Verz.) wundert sich darüber.

einzelne Theile des Objekts genauer zu studiren — „to examine the small parts of a body more accurately“ — wurde das mittlere Glas entfernt. Hooke sagt, dass alsdann infolge der Verringerung der Brechungsgelegenheiten das Bild heller und deutlicher werde und man überhaupt *ceteris paribus* den Mikroskopen mit nur einem brechenden Theil den Vorzug geben müsse. Zur Montirung des Mikroskoprohres diente ein massives (hölzernes?) Stativ, aus der Fussplatte A B und der excentrisch in der Nähe der Peripherie darauf angebrachten Säule c bestehend. Das von Janssen, Drebbel, Divini u. A. bis weit in das nächste Jahrhundert hinein benutzte Dreifussstativ wurde also verlassen und durch die neue Art der Verbindung des Tubus mit dem Stativ eine viel freiere und bequemere Beobachtung des Objektes ermöglicht. Dass der Apparat trotzdem die erforderliche Stabilität besass, dafür sorgte die Festigkeit der Einzeltheile und die Art ihrer Verbindung. Der Ring D, welcher am Stativ in gewünschter Höhe und Stellung festgeschraubt werden konnte, war aus Eisen. Seitlich stand mit demselben durch das Kugelgelenk F ein kurzer Querarm in Verbindung, welcher den innen mit Schraubengängen versehenen Ring G trug. F und G waren aus Messing. In G steckte der mit entsprechendem Schraubengewinde versehene, wohl auch aus Messing gearbeitete untere Theil des Mikroskopkörpers, welcher das Objektiv trug. Oben schloss das Mikroskop mit einem Aufsatz, wahrscheinlich aus Holz gedreht, ab, der im Durchschnitt wohl gleich dem korrespondirenden Theil der Fig. 107 konstruirt war. Recht praktisch für die Beobachtungen im auffallenden Licht muss die Konstruktion des Objektisches genannt werden. Derselbe bestand aus der kreisrunden Scheibe J J, welche um das Centerstück K unter ziemlich strenger Reibung sich drehen liess. Durch die Verbindung mit der messingnen Gabel H, welche die Stativsäule C umfasst, konnte der Objektisch an jede Stelle der Fussplatte verschoben und vermittelst der Schraube N festgestellt werden. Auf dem Objektisch erhob sich an der Peripherie das $\frac{3}{4}$ Zoll hohe Säulchen L, in der Nähe der Spitze durchbohrt durch den in der Durchbohrung drehbaren Eisenstift M, an dessen Spitze das Objekt befestigt wurde. Mithin konnte das Objekt nach drei Richtungen hin beliebig gestellt werden. Die „grobe“ Einstellung des Tubus geschah durch Auf- und Abschieben des Ringes D am Pfeiler C, die „feine“ erfolgte durch Schrauben des Gewindes im Ringe G.

Im Vergleich zum Janssen'schen Mikroskope muss dies Instrument von Robert Hooke als nicht unwesentlich verbessert erachtet werden. Trotzdem war sein Erfinder nicht ganz damit zufrieden. Hooke hat gewiss bedauert, dass er mit seinem Mikroskop keine stärkeren Vergrösserungen erzielen konnte. Selbst sein schöner Beleuchtungs-

apparat gab zu wenig Licht. Er schätzte deshalb die stark vergrößernden Linsen der einfachen Mikroskope sehr und verfertigte sich, wie früher berichtet, selbst solche aus ausgezogenen Fäden von venetianischem Spiegelglas. Um die Lichtverluste beim Uebergang der Strahlen aus Glas in Luft zu vermeiden, konstruirte er ferner das eigenartige Instrument,¹⁾ dessen Durchschnitt im Faksimile des Originals die Fig. 107 zeigt. Der konische Messingtubus, oben mit plankonvexem Okular, unten mit dem Objektiv armirt, wurde durch ein seitliches, durch eine Schraube verschliessbares kleines Loch mit klarem Wasser ausgefüllt. Hooke will damit bessere Bilder als ohne die Wasserfüllung erhalten haben. Mir ist nicht bekannt, dass Hooke für diesen Gedanken Nachahmer gefunden hätte. Hooke

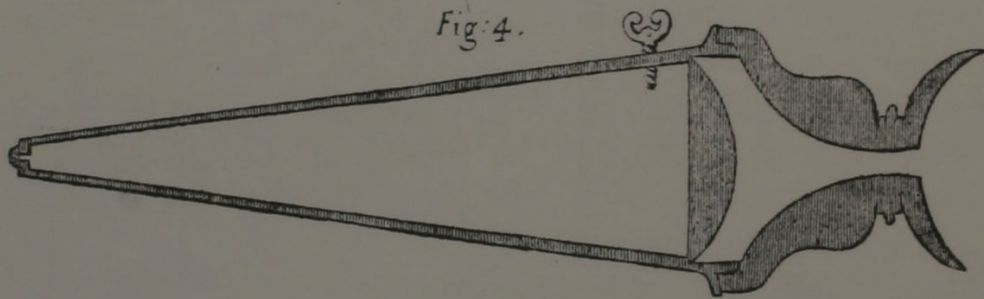


Fig. 107.
Mikroskop nach Hooke; der Raum zwischen Okular und Objektiv mit Wasser gefüllt.

benutzte übrigens seiner Angabe zufolge auch noch andere Mikroskope. Er erwähnt z. B. ein solches aus einem Stück Glas, dessen beide Flächen eben waren (?), ferner Mikroskope aus Wasser, Gummi, Harzen, Salzen, Arsenik, Oelen, verschiedenen Gemengen von Wasser und Oelen (?) etc. Als Grenze für die Benutzbarkeit starker Linsen zu seinem Mikroskope giebt er eine Brennweite von $\frac{1}{100}$ Zoll an. Noch näher an den Tubus gerückte Gegenstände könnten nicht leicht mehr genügend beleuchtet werden.

Die Zeitgenossen nahmen Hooke's Mikroskop im Ganzen sehr wohlwollend auf. In den Philosophical transactions vom 3. April 1665 wird Hooke's Micrographia ausführlich und zustimmend referirt; allerdings macht der Referent von dem neuen Instrument weiter kein Aufhebens. Ihm waren derartige Mikroskope augenscheinlich längst bekannt. Auch besitzen wir mehrere in den Werken aus dem siebzehnten und achtzehnten Jahrhundert enthaltene Abbildungen von zusammengesetzten Mikroskopen, welche wahrscheinlich noch älter waren als das Hooke'sche. Ich schliesse dies aus der geringeren Vollkommenheit der Instrumente. Alle sind für Beobachtungen mit auf-

¹⁾ Diese Einschaltung einer Flüssigkeit mit höherem Brechungsindex als Luft zwischen zwei Glaslinsen im Innern des Mikroskopes ist später mit dem Ausdruck „Endomersion“ im Gegensatze zur „Immersion“ belegt worden.

fallendem Licht eingerichtet und ihre Stative (Stützapparate für das Mikroskoprohr, Einstellvorkehrungen, Objektischchen etc.) sind entweder auf den älteren Typus Janssen-Divini oder auf den des Hooke zurückzuführen. Eine ganze Zahl solcher Mikroskope bildet uns der gelehrte Johannes Zahn in den verschiedenen Ausgaben

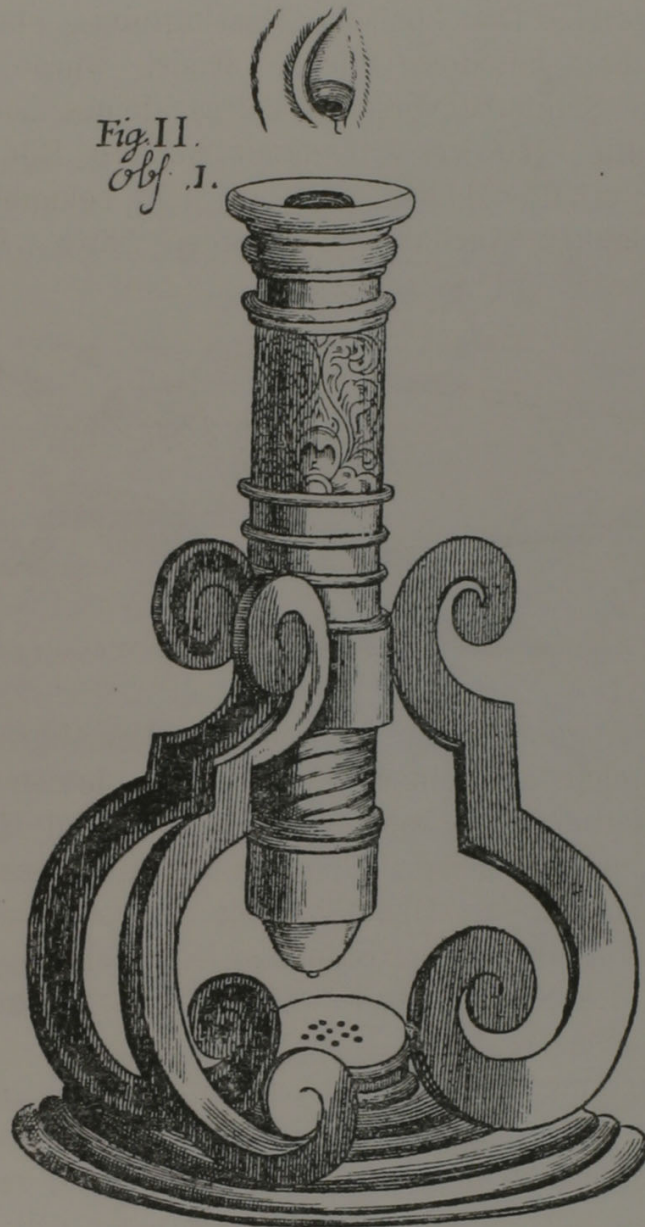


Fig. 108.
Mikroskop des Griendl von Ach, Nürnberg, 1687.

Fig. III. Obj. I.

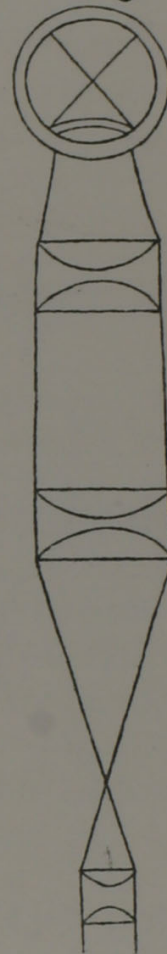


Fig. 109. Längsschnitt des
Griendl'schen Mikroskopes.

seines interessanten oculus artificialis (1. Ausgabe 1685) ab.¹⁾ Bevor ich jedoch dessen Angaben im Zusammenhang bringe, möge das berühmte Mikroskop des Johann Franz Griendl von Ach²⁾

¹⁾ J. Zahn, oculus artificialis teledioptrius, Herbipoli 1685, vgl. Literaturverzeichnis.

²⁾ J. F. Griendl von Ach, Micrographia nova, Nürnberg 1687 (deutsch); im selben Jahre erschien auch die lateinische Ausgabe. Vgl. Literaturverzeichnis.

beschrieben werden, weil es zwar in dieselbe Kategorie von Instrumenten gehört und sein Dreifuss-Stativ, wie erwähnt, dem ältesten Delphinen-Dreifuss nachgebildet ist, dagegen der optische Theil das von Divini eingeführte Prinzip der Kombination von je zwei Plankonvexlinsen zu einem System auf Okular, Zwischensystem und Objektiv ausdehnt. J. F. Griendl von Ach, „Sr. Kaiserl. Majestät Ingenieur“ der Erfinder des in Fig. 108 nach der Originalabbildung wiedergegebenen Mikroskopes, widmete seine Schrift dem Kaiser Leopold I. Er tadelt an den englischen, italienischen, französischen und belgischen Instrumenten, dass dieselben, speziell das Hooke'sche, unpraktisch seien, weil die kleinen bikonvexen Linsen dem Objekt zu sehr genähert werden müssten, so dass dies nicht gehörig beleuchtet werden könne, weshalb man, um etwas damit ordentlich zu sehen, alles fremde Licht ängstlich abhalten müsse. Sein Mikroskop solle diesen Uebelstand beseitigen und Beobachtungen selbst bei hellem Sonnenlicht ermöglichen. Der optische Theil, den Fig. 109 (nach dem Original) im Längsschnitt zeigt, bestand aus drei Paar zu je einem System vereinigten plankonvexen Linsen, mit ihren Konvexitäten einander zugekehrt. Nach der auf S. 5 und 6 des Werkes gegebenen, durch eine Figur veranschaulichten Angabe betrug die Vergrößerung etwa 100mal linear. Der Tubus konnte zu vier verschiedenen Längen ausgezogen werden. Die feinere Einstellung geschah wie bei Hooke u. A. durch ein am Objektivende angebrachtes Schraubengewinde, welches in dem Muttergewinde des oberen Stativringes sich bewegen liess. Die Objekte, in der Figur durch schwarze Punkte angedeutet, kamen auf einen besonderen (wohl drehbaren) Tisch, der auf der Fussplatte befestigt war.

Griendl giebt eine Anzahl Abbildungen von Geweben, Insekten, Flöhen, Fliegen, Pflanzentheilen, Sandkörnern etc. bei, als Belegstücke für seine Beobachtungen. Bei der Vergrößerungsrechnung geht er sehr sonderbar vor, und rechnet eine körperliche Vergrößerung von — acht Millionen heraus! Das Gesichtsfeld seines Mikroskopes soll einen Umfang von über einen Fuss Nürnbergisch gemessen haben! Zweifellos war die Verallgemeinerung des Divini'schen Doublet-Prinzips eine erhebliche Verbesserung, die allerdings von den Zeitgenossen nicht überall anerkannt wurde. Nach Harting war der ausgedehnten Einführung dieser Verbesserung die Schwierigkeit des Centrirens so vieler Linsen im Wege, die wohl Griendl, aber viele Andere nicht zu überwinden verstanden, trotz der von Griendl gegebenen Anleitung dazu. Dem Griendl'schen Mikroskop war nach anderweitigen Angaben über dem eigentlichen oberen Okular zuweilen noch eine einfache Planscheibe eingefügt. In der Fig. 109 ist diese jedoch nicht vorhanden. Den obersten Doppelkreis mit den ge-

kreuzten beiden Durchmessern und der zwischen denselben angebrachten Linsenzeichnung sowie die von der Aussenperipherie nach der oberen Plankonvexlinse gezogenen beiden Linien halte ich für ein Schema des in Fig. 108 über dem Mikroskop abgebildeten Auges. Dass übrigens Griendl seine Mikroskope mit solchem planen Schutzglase wirklich versehen hat, scheint mir aus einer Mittheilung des Joh. Zahn in der 1701 erschienenen zweiten Auflage seines *oculus artificialis* hervorzugehen. Zahn theilt an der betreffenden Stelle, unter anerkennenden Worten über die vorzüglichen Leistungen des Griendl de Ach im Bau von Teleskopen und Mikroskopen mit, dass dieser, sein ehemaliger instructor in practica teledioptrica, ihm schon unterm 1. Dezember 1685 eine Beschreibung seines neuen Mikroskopes geschickt habe. Darnach habe dasselbe sieben Gläser, drei Paar plankonvexe Linsen und das vorerwähnte Planglas¹⁾ gehabt. Die

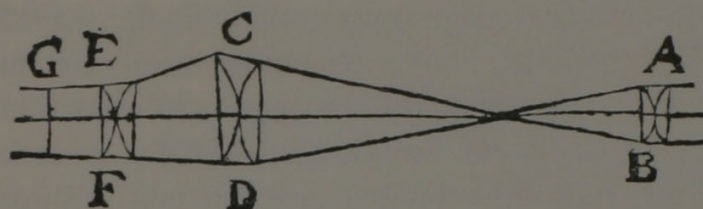


Fig. 110. Die Anordnung der Linsen im Mikroskop des Griendl von Ach nach Joh. Zahn.

Anordnung der Gläser im Mikroskop des Griendl von Ach skizzirt Zahn durch die in Fig. 110 wiedergegebene Zeichnung: AB stellt die beiden Plankonvexlinsen des Objectivs dar; Brennweite derselben: ein Zoll. CD sind die grösseren Plankonvexlinsen in der Mitte, *ocularia magna, intermedia* nach Zahn; Brennweite sechs Zoll. EF stellt die beiden plankonvexen Linsen des eigentlichen Okulars, *ocularia minora, ultima, magis convexa*, von einer Brennweite von zwei Zoll dar. G ist das Planglas. Griendl von Ach bezeichnete demnach das mittlere Doublet auch als Okular. Nach Harting²⁾ ist es schwer, festzustellen, wer zuerst die Idee dieses Mittelglases gehabt resp. ausgeführt habe.²⁾ Die Benutzung zweier Plankonvexlinsen zu einem Okular finden wir, wie erwähnt, zuerst bei Divini. Diese Linsen kehrten ihre Konvexitäten zwar einander zu, berührten sich aber nicht. Die Griendl'schen Linsenpaare in Fig. 110 endlich berühren sich mit den vertices. Dass diese Berührung vom Kon-

¹⁾ Nach Zahn soll dies Planglas das Auge vor der Gewalt der Lichtstrahlen schützen: *Denique et planum vitrum penes oculum apponi cupit (Griendl scil.), ut obice aliquo posito, sicut ait, oculus ob tantam radiorum refractorum vehementiam non tam facile laedi possit (!).*

²⁾ Die erste Ausgabe von Hooke's *Micrographia*, worin das Mittelglas auch erwähnt wird, erschien 1665, desgl. der an Zahn gerichtete Brief des Griendl von Ach.

strukteur wirklich beabsichtigt wurde, scheint mir aus der Schlussanmerkung bei Zahn l. c. p. 709 hervorzugehen, woselbst es ausdrücklich heisst: Debet in constructione ejus modi machinarum singulariter attendi, ut Lentēs plano-convexae, quae invicem componuntur, se mutuo perfecte ad vertices tangerent, ita ut axis directe per centra singularum Lentium procedat. Quod nisi fiat, machinae tam praestantes hoc modo effici non poterunt. Unde convenit Lentēs compositas et conjunctas esse plane aequales in amplitudine, ita ut cum earum planae superficies conjunguntur, in magnitudine juste congruant, sicque pro una quasi Lente convexa reputari queant.¹⁾

Aus derselben Zeit stammt auch die Kombination zweier Linsen zu einem Objektivsystem. Die sphärische Aberration bei gleich starker Vergrößerung wurde dadurch verringert und das System (Doublet) konnte mit grösserer Oeffnung verwendet werden, also das Licht besser ausnutzen. Noch vor Griendl hatte Sturm²⁾ 1672 zusammengesetzte Objektive, und zwar aus einer plankonvexen und einer bikonvexen Linse oder aus zwei verschieden gekrümmten bikonvexen benutzt und damit scharfe und stark vergrösserte Bilder erzielt; ich komme darauf noch zurück. Aehnliche Kombinationen gelangen auch dem mehrerwähnten Johannes Zahn, Kanonikus des Prämonstratenser Ordens etc. zu Würzburg, dessen Mikroskopen ich jetzt einige Zeilen widmen muss.

Die in der 1685 erschienenen ersten Auflage des oculus artificialis von Zahn beschriebenen zusammengesetzten Mikroskope sind ganz von dem Typus der zuletzt erwähnten, d. h. der optische Theil besteht aus zwei bis vier Linsen und Tubus wie Stativ sind für Beobachtungen im auffallenden Licht eingerichtet. Erst in der zweiten Auflage wird den weiter unten zu besprechenden Mikroskopen des Bonanni Rechnung getragen. Zahn, ein Schüler des mehrerwähnten Gaspar Schott, theilt sein schönes Werk in drei Theile, fundamenta; das erste fundamentum physicum seu naturale behandelt das menschliche Auge, die Physiologie etc. des Sehens, die physikalischen Verhältnisse des Lichtes, der Farben u. a. Das zweite

¹⁾ Bei der Konstruktion derartiger Werkzeuge muss besonders darauf geachtet werden, dass sich die zusammengehörigen Plankonvexlinsen gegenseitig genau am Scheitel berühren, so dass die (optische) Achse gerade durch die Centren der einzelnen Linsen hindurchgeht. Wenn dies nicht der Fall ist, dann können auf solche Weise besonders vorzügliche Instrumente nicht verfertigt werden. Es ist daher einleuchtend, dass die zusammengehörigen und miteinander verbundenen Linsen völlig gleichen Umfang haben müssen, derart, dass sie, mit den Planflächen aufeinandergelegt, der Grösse nach sich glatt decken und so gewissermassen für eine einzige Bikonvexlinse gelten können.

²⁾ Sturm, collegium experimentale sive curiosum, Nürnberg, 1676 (s. Lit.).

fundamentum mathematico-dioptricum handelt von den gläsernen Linsen der Teleskope und Mikroskope und den Gesetzen der darauf bezüglichen Optik. In den ersten drei Kapiteln des syntagma III dieses Theiles wird die Theorie der einfachen und zusammengesetzten Mikroskope gegeben. Das dritte fundamentum practico-mechanicum, für die Technik des Mikroskopbaues hochinteressant, bringt ausführliche Vorschriften nebst Abbildungen dazu über die Anfertigung der Linsen, deren Zusammenstellung im Fernrohr wie im Mikroskop, Bereitung der Tuben, die Verfertigung von allerhand optischen Apparaten zur Projektion von Bildern (*lucerna magica* etc.), optische „Zauber“-Apparate, und vieles Andere. Zunächst interessiren uns hier die Mikroskope. Eine Zusammenstellung von sechs derselben giebt die in Fig. 111 abgebildete, etwas verkleinerte Tafel „*iconismus*“ aus der ersten Auflage des *oculus artificialis*, pag. 99. In der zweiten Auflage ist diese schöne Zusammenstellung durch weit schlechtere Abbildungen im Text ersetzt. Die optische Einrichtung der Mikroskope 1 bis 5 der Tafel wird ebenso wenig wie der Name der Verfertiger oder das Alter vom Autor angegeben. Es werden Mikroskope mit zwei oder drei Linsen gewesen sein. Das geht aus dem Zusammenhang hervor. Fig. 6, ein englisches Mikroskop, ist genauer beschrieben. Ueber die verschiedenen Stative, die *structura seu fabrica externa* dieser Mikroskope, insbesondere über die Einstellvorrichtungen, bringt Zahn ziemlich ausführliche Angaben. Bei Mikroskop 1 und wahrscheinlich auch 2 und 4 kann der runde Objektisch, die „*patella*“, durch eine Schraube gehoben oder gesenkt werden, deren Griff an der Unterfläche der Fussplatte hervorragte. Natürlich musste dabei das Instrument jedesmal von seinem Standort aufgehoben und nach der Einstellung wieder hingestellt werden. Gewiss ist das recht unbequem gewesen. Entschieden praktischer war die Einstellung des Tubus selbst, wie bei dem Hooke'schen Instrument, Fig. 106. Diese Einstellung hatten, wie die Tafel zeigt, die Mikroskope 2, 3 und 6. Bei Fig. 5 der Tafel geschah die Einstellung durch Heben und Senken der grossen Objektscheibe und Feststellung mittelst der unterhalb sichtbaren, mit einer Nase versehenen Mutter, welche sich in den Schraubengängen des Stativs bewegen liess. Die Mikroskoprohre der Instrumente 2 und 3 konnten für Beobachtungen von der Seite schief gestellt werden. Dies geschah bei 3 durch Drehung von E F um seine Achse und darauf folgendes Feststellen mittelst der Mutterschraube G. Natürlich beschrieb dabei die Objektivlinse einen Kreisbogen in entgegengesetztem Sinne, wie das Okular. Der Objektisch war deshalb, ähnlich wie beim Hooke'schen Mikroskop, so eingerichtet, dass er auf der Fussplatte verschoben und durch die Klemmschraube an der Führungsgabel fixirt werden konnte. Bei

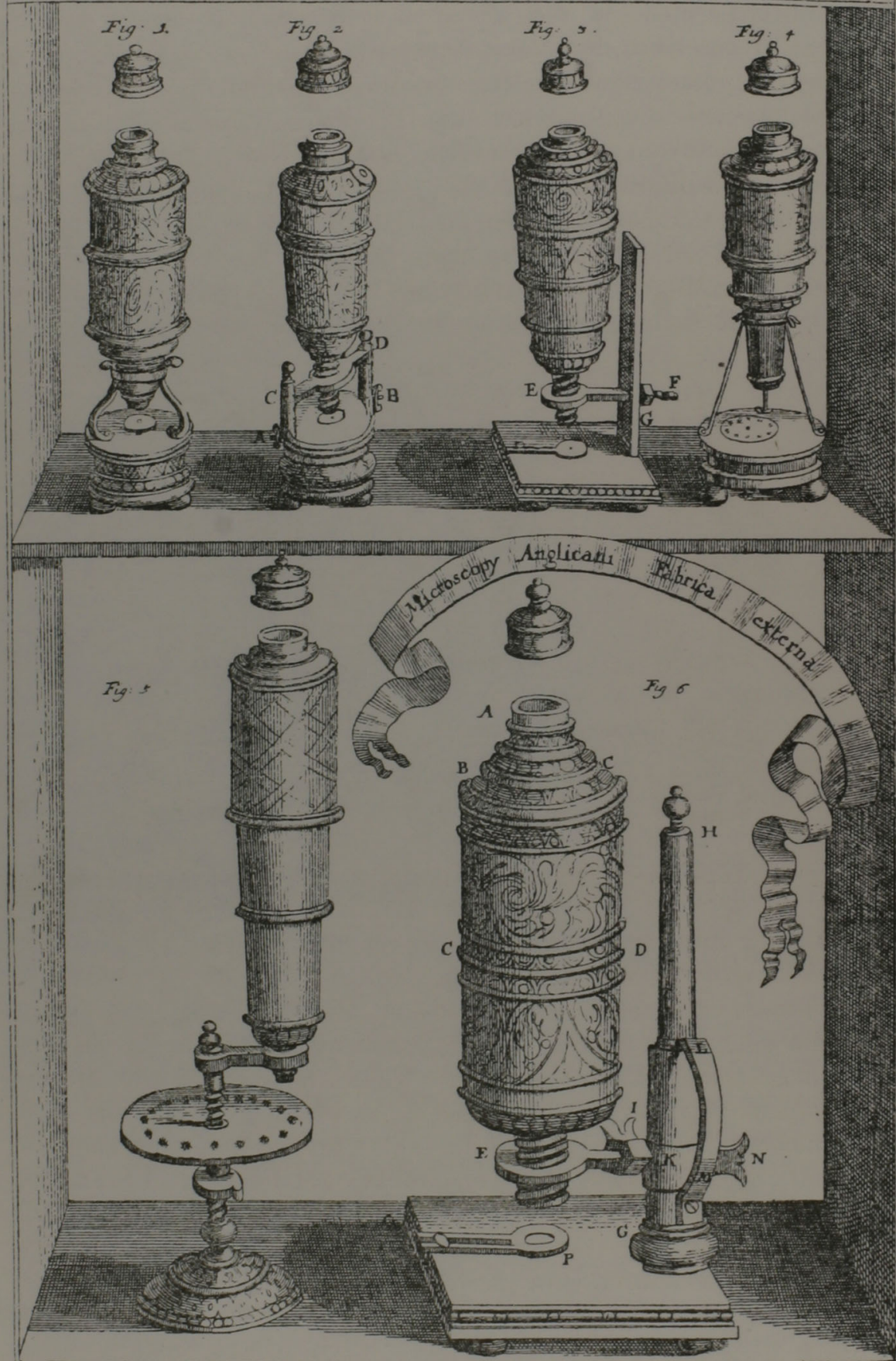


Fig. 111. Zusammenstellung von sechs Mikroskopen nach Zahn, 1685.
Petri, Mikroskop.

Fig. 2 geschah die Neigung des Mikroskops um eine durch A B gelegte Achse, die Fixirung durch Anziehen der Schrauben A und B. Die Objektische liessen sich um einen mittleren Dorn drehen. Dieser lag bei 4 ausserhalb der Vertikalachse des Instrumentes, wie auch bei 5, wo die grosse Objektscheibe um die Stativsäule gedreht wurde, um so der Reihe nach die an der Peripherie angebrachten kleinen Gegenstände Revue passiren zu lassen. Am vollkommensten war augenscheinlich die Einrichtung des englischen Mikroskopes, Fig. 6. Dasselbe hatte drei Linsen: unten das Objektiv, bei C D ein Mittelglas und bei B C das Okular. Die obere Oeffnung konnte, wie auch bei den anderen Mikroskopen, durch eine Staubkappe geschlossen werden. Die grobe Einstellung geschah durch Verschieben des Messingringes K,



Fig. 112.

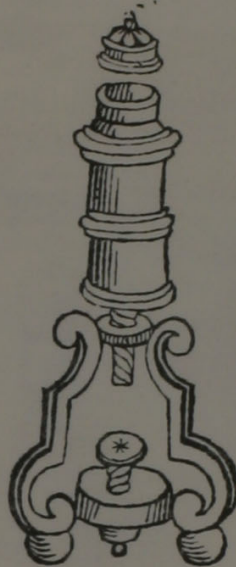


Fig. 113.

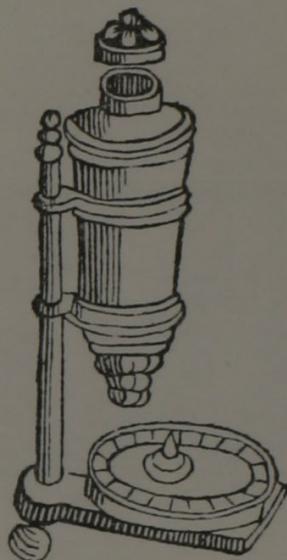


Fig. 114.

Drei zusammengesetzte Mikroskope nach Zahn (1701, 2. Aufl. von oculus artificialis).

feststellbar durch die Schraube N. Durch die Vorrichtung bei J konnte das Mikroskoprohr schräg gestellt werden; P ist der mehrerwähnte Objektisch, M L eine stählerne Feder. Neben diesen Mechanismen konnte auch noch das Ein- und Ausziehen der Tuben für die Einstellung verwerthet werden. Etwas anders im Stativ waren die drei Mikroskope Fig. 112, 113 und 114, deren Skizzen der zweiten, 1701 erschienenen Auflage von Zahns oculus artificialis entnommen sind (p. 537). Die Mechanik des Objektisches bei Fig. 112 und 113 war etwas vollkommener und aus Fig. 115 ohne weitere Beschreibung verständlich. Bei Fig. 113 ist die dritte Stütze des nach Art des Griendl'schen Mikroskopes gebauten Stativs fortgelassen. Die innere Einrichtung auch dieser Instrumente dürfte wie bei den vorigen gewesen sein. Zahn giebt übrigens für verschiedene Mikroskope mit zwei, drei und vier Linsen deren Brennweiten, Durchmesser und zweck-

mässige Entfernungen in mehreren Tabellen ganz genau an, Vieles aus des Dechales Dioptrica entlehrend.

Schliesslich sei von den Mikroskopen bei Zahn noch das aus der 2. Auflage des *oculus artificialis* in Fig. 115 abgebildete erwähnt, das vier Linsen enthielt und welches er selber konstruirt hat. Er sagt, es sei „*eximiae bonitatis*“. Die Zusammensetzung des Stativs erhellt ohne Weiteres aus der Figur. Die Einstellungsmechanismen sind: die Schraubengänge der Säule N O, die Bewegungen des Objektisches P Q und die Schraubengewinde an dem Theil B des kurzen Tubus. Das Objektiv bestand aus einer unteren Bikonvexlinse von $\frac{10}{100}$ röm. Fuss Durchmesser, und einer unmittelbar darüber, mit der Konvexität nach unten gerichteten Plankonvexlinse von gleichem Durchmesser, war also ein Doublet; etwa in der Mitte des Tubus

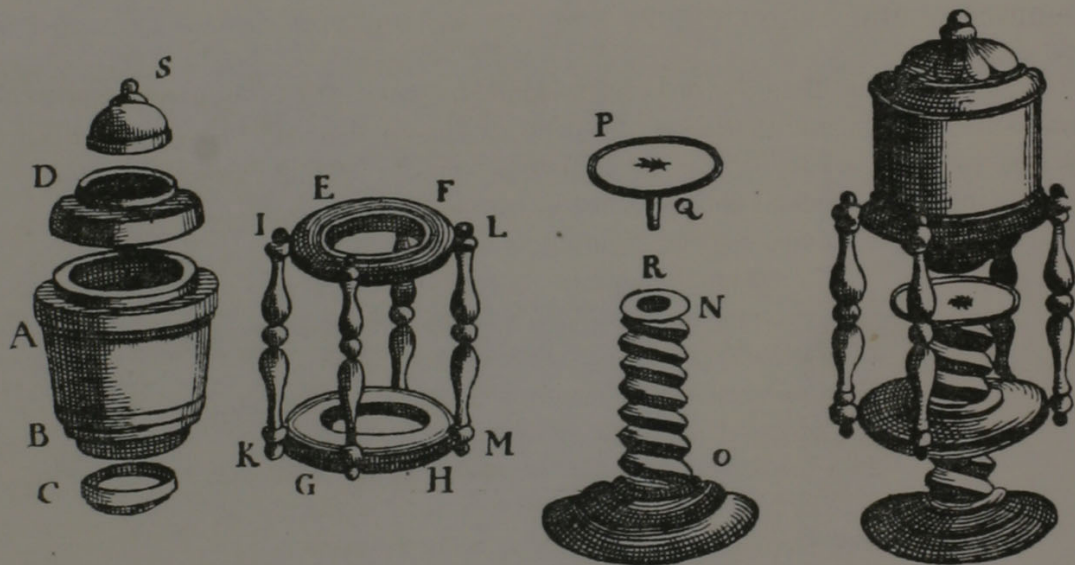


Fig. 115. Mikroskop des Joh. Zahn, nach eigener Angabe verfertigt, mit vier Linsen (1701).

war eine bikonvexe Kollektivlinse von $\frac{20}{100}$ röm. Fuss Durchmesser und oben ein mit der Konvexität nach unten sehendes, $\frac{30}{100}$ bis $\frac{35}{100}$ röm. Fuss breites Okular eingesetzt. In der hohlen Säule konnten allerhand kleine Instrumente untergebracht werden, die an Stelle des planen Objektisches oder auf demselben zur Fixirung geeigneter Gegenstände, wie kleiner lebender Thiere etc., dienten.

Wie man sieht, waren die Stative der damaligen Mikroskope recht mannigfach in Form und Anordnung der einzelnen Theile. Sie unterscheiden sich von dem ältesten Instrumente Janssens und von ihren Nachfolgern der nächsten Jahrhunderte auch noch durch das Material, aus welchem sie verfertigt wurden. Einzelne Theile, wie Schrauben, Klemmhülsen, Federn u. ä. waren aus Messing, Kupfer, Eisen oder Stahl. Die Linsen wurden häufig durch federnde Drahtringe festgehalten. Für die Fussplatten, Stativsäulen, Schrauben kam gewöhnlich hartes Holz zur Verwendung. Die Endfassungen der Rohre, die

Deckel, Objekttschchen etc. machte man aus Ebenholz, Buchsbaum, Horn, Elfenbein, Knochen etc. Die Tuben selbst verfertigte man aus Pappe, zusammengeleimtem Carton oder Papier, und überzog sie öfter mit Stoffen, mit Leder oder auch mit dünnen Metallfolien. Dieselben Materialien waren für die älteren Fernrohre in Gebrauch. Zahn widmet dieser Technik in dem vielcitirten Buch *fundamentum III, syntagma III*, das zehnte Kapitel, p. 612—629, in welchem auch die Firnisse, Klebemittel, Farben etc. genau abgehandelt werden.¹⁾

Zahns Mikroskope waren gegenüber denen aus dem Anfang des siebzehnten Jahrhunderts unzweifelhaft vollkommener. Allerdings erstrecken sich die Verbesserungen vornehmlich auf das Stativ und auf gewisse, von seinen Vorgängern eingeführte Linsenkombinationen. Wir können ferner wohl annehmen, dass Zahns *oculus artificialis*, besonders die zweite Auflage von 1701 den Stand der damaligen Kenntnisse und Erfahrungen über die Mikroskope, deren Bau und über

¹⁾ Dass die Technik des Mikroskopbaus auch zur Poesie begeistern kann, beweisen nachstehende Distichen, welche Zahn auf das Mikroskop (und Fernrohr), als das „*donum nobile vitrum magnificum, amoris candidi illustre Symbolum*“ etc. verfasst und der Vorrede seines Werkes vorausgeschickt hat:

*Practica selectis Neptuni e littore arenis
Et minimo magnum pulvere format opus
Jam vitrum curvat lectis informe lapillis,
Perfectoque rudes aptat in aere globos
Jam calcem exusti stanni, Tripolisve terendo
Admovet et tenui vitra serenat humo.
Mox alia facit arte tubum, quem cingit eburnus
Cortex, aut caesi cornua trunca bovis.
Vel flavo buxus circumligat undique serto
Junctave viscoso glutine charta premit.
Dy! quanta in simili miracula clausa canali
Attonitos hominum mentem, oculosque tenent!
Namque ubi crystallo propiori lumine vultum
Apponis, coelum, terraque tota patet.*

Deutsch etwa:

Emsig verfertigt die Kunst aus Sand vom Gestade des Meergott's
Aus unscheinbarem Staub kühn ein herrliches Werk!
Krümmung verleiht sie dem Glas, dem rohen, durch passenden Schleifstein,
Fügt die Linse dann ein sorgsam geglättetem Erz,
Fördert durch Asche vom Zinn und durch Reiben mit Tripel die Glättung,
Giebt durch unfehlbaren Staub schliesslich dem Glas Politur.
Dann wird der Tubus gemacht und mit Elfenbein aussen umrandet,
Oder mit Säumen von Horn, stammend vom Schädel des Rind.
Auch wird der Tubus umgürtet mit gelblichem Holze vom Buxbaum;
Fest hält dieses vereint Pappe mit Kleister und Leim.
Gott! welche Wunder erschliesst ein so verfertigtes Rohr nicht!
Staunen ergreift den Geist, bannet das menschliche Aug'.
Denn wenn das Auge du hältst an die oberste Linse des Rohres
Thut sich der Himmel dir auf, schaust du die Wunder des All!

die Theorie ihrer Bilder wiedergiebt. Es erscheint daher am Platze, einige Sätze der Zahn'schen Auffassung über die Mikroskope etc. kurz anzuführen. Man wird erkennen, dass Manches davon auch heute noch gilt.

In dem mathematisch-optischen Abschnitt giebt er die Regeln zur Konstruktion von einfachen und zusammengesetzten Mikroskopen an. Von den zusammengesetzten Mikroskopen berücksichtigt er solche mit zwei, drei und vier Linsen besonders eingehend. Ueber diese Instrumente mit mehreren Linsen stellt er am Schluss von Kap. III die Sätze auf:

1. Je mehr Linsen kombiniert werden, desto reiner und durchsichtiger soll das Glas sein.

2. Die Apertur der kleinen Objektivlinsen darf nicht zu gross bemessen werden, weil Strahlen, welche mehr als 20 Grad von der Achse abweichen, nicht mehr „probe uniuntur“ und bei zu weiter Oeffnung die Bilder regenbogenfarbene Säume haben.

3. Die Objekte müssen kräftigst beleuchtet werden; durch die starke Vergrösserung wird die so wie so geringe Lichtmenge, welche die kleinen Gegenstände aussenden, derart „auseinandergezogen“ (valde distrahi ist der Ausdruck), dass die Bilder kaum kräftig genug für das Auge werden.

4. Die Anpassung des Mikroskops für die verschiedenen Augen kann geschehen durch Verschieben des Okulars oder des Objektes.

5. Die beste Entfernung der Linsen von einander ist praktisch auszuprobiren.

Im praktisch-mechanischen Theil finden sich noch folgende Sätze (zum Theil das Vorige wiederholend):

1. Bei den Mikroskopen aus zwei Linsen wird durch Vergrösserung des Abstandes beider das Bild zwar grösser, aber auch um so „obscurior“, durch Annäherung kleiner, aber „clarior“.

2. Im Allgemeinen haben die zusammengesetzten Mikroskope ein kleines Gesichtsfeld. Die Benutzung eines Okulars aus zwei Linsen vergrössert dasselbe. Die richtige Stellung des Okulars ist auszuprobiren. Die „lens media“ soll einen grösseren Durchmesser und eine stärkere Krümmung haben als die eigentliche Okularlinse.

3. Die Objektivlinse darf keine zu grosse Apertur haben; vgl. das vorhin Gesagte.

4. Das Objekt soll etwas über oder unter dem Brennpunkt der Objektivlinse stehen, je nach dem Mikroskop.

5. Die Okulare dürfen nicht etwa so angebracht werden, dass sie die Unvollkommenheiten der Mittellinse aufdecken; ihre richtige Stellung ist vorsichtig auszuprobiren.

Nun folgen Zahlenangaben über die Brennweiten, Durchmesser und Entfernungen der Linsen für die einzelnen Mikroskope. Wie schon erwähnt, ist das Meiste von Dechales entlehnt.

Die Armirung eines Mikroskopes mit mehreren Objektiven verschiedener Stärke zum Wechseln scheint Zahn nicht gekannt zu haben, obschon diese Praktik schon von Sturm 1672 in seinem Collegium experimentale beschrieben wurde und Zahn das betreffende Instrument oder ein demselben fast gleiches abbildet. Allerdings erwähnt Zahn, dass es nicht zweckmässig sei, starke aber lichtschwache Vergrösserungen für Objekte anzuwenden, die man deutlicher mit schwächeren Vergrösserungen sehen könne.

Die Mittheilungen Sturm's über diese Art, die Mikroskope mit verschiedenen Objektiven auszurüsten, beziehen sich auf ein englisches Mikroskop und zwar dasselbe, welches Zahn auf der Fig. 111 wiedergegebenen Tafel unter No. 6 abbildet. Sturm beschreibt in dem schon früher citirten tentamen XV seines collegium experimentale der Reihe nach die von ihm bei seinen Demonstrationen benutzten Instrumente, deren zunächst drei an der Zahl waren, das alte, einfache, in Fig. 18 nach Ledermüller von mir reproduzierte, ferner ein zusammengesetztes mit drei Linsen: bikonvexes Objektiv, plankonvexes Mittelglas, plankonvexes Okular, und drittens ein zusammengesetztes, gleichfalls mit drei Linsen, von denen nur das Mittelglas plankonvex, die anderen beiden bikonvex waren. Sturm giebt Grössen, Brennweiten und Entfernungen der Linsen genau an, einschliesslich der Leistungen, welche bei dem letzterwähnten die besten gewesen sein sollen. Später lernte Sturm aber ein Mikroskop kennen, welches ihm augenscheinlich mehr imponirte und deshalb in seinem Werk in natürlicher Grösse abgebildet sowie eingehend beschrieben wurde. Es ist dies das vorerwähnte englische Instrument mit einem Satz von vier verschiedenen Objektivlinsen. Sturm fand das Mikroskop im Privatkabinet seines vornehmen Mitbürgers Georg Friedrich Behaim, damaligen Senatoren und Scholarchen von Nürnberg.¹⁾ Der zusammengeschobene Tubus mass vom Scheitel der Okularkappe bis zur Objektivlinse nahezu 30 Centimeter, war also grösser als das vorerwähnte Hooke'sche Instrument, Fig. 106. Die Zahn'sche Abbildung stimmt mit der Sturm'schen ziemlich überein, nur fehlt daran unten bei E das an dieser Stelle angeschraubte verjüngte Objektivröhrchen; auch die Vorkehrung zum Umlegen des Mikroskops ist bei Sturm etwas anders. Der horizontale Arm, welcher an einem Ende den Ring E zur Aufnahme des Tubus trägt, ist bei Sturm rund

¹⁾ Nachkomme des berühmten, durch das Denkmal in seiner Vaterstadt verewigten Martin Behaim.

und steckt, um seine Achse drehbar, bei J in dem Hohlstück. Sturm rühmt die solide und elegante Ausstattung des Instrumentes. Die Fussplatte war aus Holz, die Stativsäule aus Eisen und daran verschiebbar die Messinghülse K, welche in jeder Stellung sowohl durch die stählerne Feder M L wie durch die Schraube N fixirt werden konnte. Der Obertheil des Mikroskopes, die beiden Mittelringe bei C D und der Untertheil bis zur Schraube waren aus Ebenholz gedreht. Die Zwischenstücke des Tubus waren aus Pappe mit Pergament überzogen und aussen schön verziert. Eingeschoben war der Tubus überall doppelt und konnte sowohl oben wie in der Mitte ausgezogen werden. Die Okularlinse war bikonkav und bei BC eingesetzt. Der darüber befindliche Theil des Aufsatzes konnte abgeschraubt werden. Das Mittelglas, plankonvex, die Konvexität nach unten, lag bei CD und wurde nach Abschrauben der oberen Tubushälfte freigelegt. Auf dem Boden des (nicht mit abgebildeten) abschraubbaren Objektivröhrchens wurde nun je nach Bedarf eine der vier Objektivlinsen eingesetzt, von denen zwei plankonvex, zwei bikonvex waren und verschiedene Vergrösserungen lieferten.¹⁾ Bemerkenswerth ist, dass bei allen Linsen dieses Mikroskopes die Randpartie senkrecht (also parallel der optischen Achse) abgeschliffen war. Uebrigens soll der Effekt des Mikroskopes bei Anwendung der stärksten bikonvexen Objektivlinse sich nach Sturm von dem seines dritten Mikroskopes wenig unterschieden haben. Beim Experimentiren mit diesen kleinen Linsen kam Sturm, wie er schreibt, auf den Gedanken, zwei derselben zu einem Doublet zu kombiniren, und zwar schaltete er über der stärksten bikonvexen die schwächste plankonvexe ein, um so die stärkste Vergrösserung mit der grössten Lichtstärke zu vereinen. Da der Erfolg einigermaßen zufriedenstellte, that er dasselbe auch bei seinen eigenen Mikroskopen mit zwei Bikonvexlinsen verschiedener Krümmung. Der Erfolg soll nach Vergrösserung und Schärfe überraschend gewesen sein.²⁾ Den Verfertiger dieses englischen Mikroskopes nennt Sturm nicht, jedoch geht aus dem Zusammenhang und dem index rerum hervor, dass es ebenfalls der berühmte Hooke gewesen sein soll.³⁾

Auf Zahn's und Sturm's Angaben für die Prüfung der Mikroskope und ihrer Vergrösserungen komme ich an anderer Stelle zurück.

Wenn man bedenkt, dass die Benutzung des einfachen Mikroskops zum Arbeiten mit durchfallendem Licht damals längst be-

¹⁾ Hinsichtlich dieser sowie der genauen Angaben über Dimensionen, Brennweiten etc. der Linsen verweise ich auf das Original.

²⁾ l. c. p. 145 unter phaenom. VI.

³⁾ Unter M: *microscopii cujusdam Anglicani ab Hooekio fabrefacti peculiaris descriptio ac delineatio*. Hooke erwähnt l. c. dies Instrument aber nicht.

kannt war, dann erscheint es schwer begreiflich, weshalb nicht auch die zusammengesetzten Mikroskope für diese Beobachtungsweise allgemein eingerichtet wurden. Das nächste Kapitel soll über die Weiterentwicklung des zusammengesetzten Mikroskopes auch nach dieser Richtung Angaben bringen.

Achtes Kapitel.

Das zusammengesetzte Mikroskop im siebenzehnten Jahrhundert.

(Fortsetzung.)

Es lässt sich nicht genau bestimmen, wann und wo die von Zahn abgebildeten und im vorigen Kapitel beschriebenen Mikroskope gefertigt wurden; Angaben darüber fehlen. Einige der Instrumente dürften wohl bis in die ersten Jahrzehnte des siebenzehnten Jahrhunderts zurückreichen, während das kurze, von Zahn selbst angegebene Instrument, Fig. 115, in die 80er Jahre gehört. Auch bei den jetzt zu schildernden Mikroskopen fehlt die genaue Zeitbestimmung. Obschon dieselben, wie wir sehen werden, im Vergleich zu denen bei Zahn mehrere nicht unwesentliche Verbesserungen aufweisen, müssen wir doch die Möglichkeit zugeben, dass sie gleichzeitig neben den unvollkommenen entstanden und gebraucht sind.

Schon im vorigen Kapitel erwähnte ich, dass die Einrichtung des zusammengesetzten Mikroskopes zu Beobachtungen mit durchfallendem Licht von Tortona eingeführt und von Bonanni¹⁾ zu einer gewissen Vollkommenheit gebracht wurde. Carolus Antonius Tortona,²⁾ nach Bonanni Alexandri VIII Summi Pontificis extra muros camerarius, demonstrierte 1685 ein neues, etwa vier Zoll³⁾ langes Mikroskop, welches zu Beobachtungen im durchfallenden Licht eingerichtet war, was, wenigstens für das zusammengesetzte Mikroskop, damals für neu galt.⁴⁾ Hieronymus Ambrosius Langenmantel veröffentlichte 1688 in den zu Nürnberg gedruckten miscellanea curiosa

¹⁾ Bonanni, *micrographia curiosa*, Romae 1691 (vgl. Literatur-Verzeichniss).

²⁾ Nach Bonannis Schreibweise: Tortoni.

³⁾ *Parvum Microscopium, longitudinis unciarum quatuor Romani palmi*. (*Miscellanea curiosa etc. decur. II. ann. 7 1689, p. 444* — vgl. Lit.-Verz.)

⁴⁾ l. c. „*Hoc novum Artificii genus opticorum vitrorum opifices ad similia struenda incitavit*“. — Diese neue Art von Kunstwerk regte die Inhaber optischer Werkstätten an, ähnliche Instrumente zu verfertigen.

der Kaiserlichen academia Leopoldina die Abbildung und ausführliche Beschreibung des Tortona'schen Instrumentes, Fig. 39 und 40 der faksimilirten Tafel Fig. 116. Dasselbe besass zwei bikonvexe Linsen

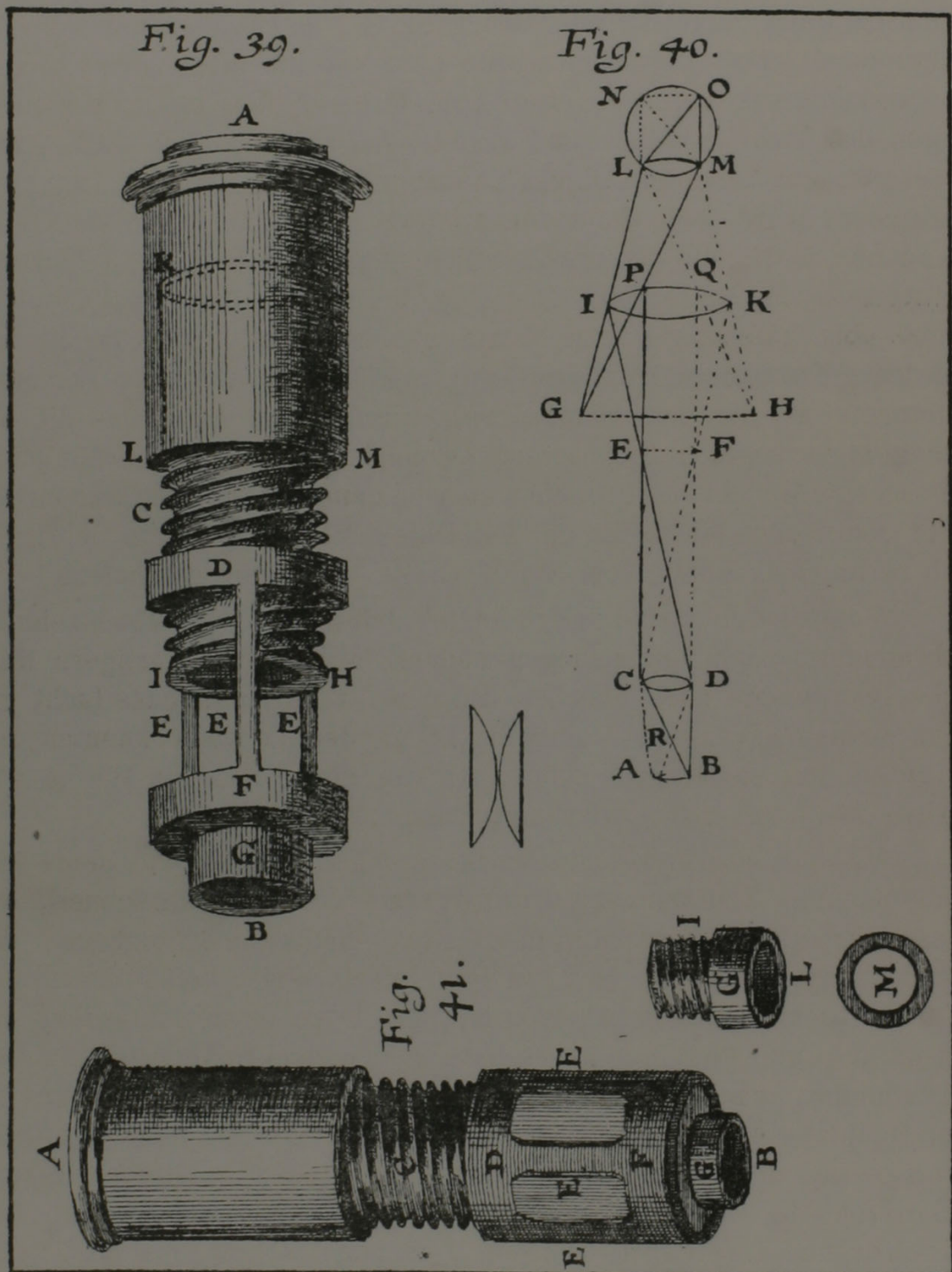


Fig. 116.

Fig. 39. Mikroskop des Tortona
 Fig. 40. Dessen innere Einrichtung
 Fig. 41. Mikroskop des Campana } nach Langenmantel, 1685/89.

(Fig. 40/116), ein Objektiv C D, Krümmungshalbmesser beiderseits $\frac{10}{100}$ röm. Fuss, ein Okular J K ($\frac{20}{100}$ bis $\frac{25}{100}$). Langenmantel schlägt vor, um die farbigen Bildsäume zu vermeiden, statt dessen

wie in der Abbildung zwei Plankonvexe ähnlicher Krümmung zu nehmen.¹⁾ Das Objekt kam zwischen zwei planparallele, kreisrunde Glasscheiben, die in dem unten in das Gestell D F eingeschraubten Hohlzylinderchen G steckten. Die Einstellung geschah durch Bewegen der Schraubengänge C im Mutterring D, event. auch durch die Schraube J. Das Mikroskop wurde ganz wie die alten *vitra pulicaria* und das Mikroskop von Hartsoeker, Fig. 40, dem es recht ähnelt, gegen das Licht gehalten und erntete viel Beifall, weil es das vergrößerte, gut belichtete Objekt „quasi in aëre haerens“ zeigte. Das Instrument wurde sehr bald von Anderen nachgemacht, so von Campana und Celi, die es (unwesentlich) verbesserten. Fig. 41 ist das Campana'sche Mikroskop. Das Gestell zur Aufnahme des Objektes ist in eine gefensterte, aus Messing verfertigte Hülse verwandelt worden. Tortona's Mikroskop war aus Holz und Pappe gemacht. Interessant ist die Bemerkung Langenmantels, man dürfe die der Objektivlinse zugekehrte, unserem „Deckgläschen“ entsprechende, plane Glasscheibe M nicht zu dünn nehmen, weil dann etwaige Schrammen etc. ihrer Oberfläche gleichzeitig mit dem Objekt sichtbar würden. Uebrigens gab er an, man könne sehr wohl starke Objektive anwenden.

Wahrscheinlich sind in den letzten Jahrzehnten des siebenzehnten Jahrhunderts auch von manchen anderen Mikroskopverfertignern ähnliche Instrumente nach gleichem Prinzip für durchfallendes Licht gebaut worden. Wenigstens sind die Listen der damals bekannten und in gutem Ruf stehenden Verfertiger, von denen uns die Werke von Zahn, Bonanni u. A. zu melden wissen, ziemlich gross.

Wirklich hervorragende Verbesserungen dürfen wir aber dem vielgenannten Jesuitenpater Bonanni als Verdienst anrechnen, auf dessen Arbeiten ich deshalb hier etwas ausführlicher eingehe. Als Quelle benutze ich sein 1691 zu Rom erschienenes hochinteressantes Werk „*Observationes circa viventia, quae in rebus non viventibus reperiuntur. Cum Micrographia curiosa, sive rerum minutissimarum observationibus, quae ope Microscopii recognitae ad vivum exprimuntur*“²⁾. Der Hauptzweck dieses Buches war, mit allen Kräften die *generatio spontanea* zu beweisen. Er verwerthete dazu zahlreiche eigene mikroskopische Beobachtungen, welche zum Theil die Angaben von Kircher und Leeuwenhoek (oft „Lauenochius“ genannt) bestätigen,

¹⁾ Harting, der l. c. III, p. 107 das eine der Instrumente gleichfalls bringt, behauptet zu Unrecht, es habe drei Linsen, Objektiv, Kollektiv und Okular gehabt. Wahrscheinlich kam er dazu durch irrthümliche Auffassung der Fig. 40, indem er L M, welches nach dem Text die Krystalllinse des beobachtenden Auges darstellen soll (vgl. die Abbildung des Griendl'schen Instruments, Fig. 109), für die (dritte) eigentliche Okularlinse hielt.

²⁾ Vgl. Literatur-Verzeichniss.

zum Theil aber auch anfechten. So wird z. B. die interessante Beobachtung Leeuwenhoeks über die „witte materie“ zwischen den Zähnen in Kap. 64 des ersten Theils unter der Ueberschrift „quaeritur, an vermes sint in saliva“ abgehandelt. Bonanni konnte diese vermes nicht finden. An anderer Stelle bestätigt er Leeuwenhoeks Angaben, z. B. S. 175, woselbst er über die Nachprüfung des von „Lauenochius“ 1680 an Robert Hooke berichteten Experimentes, faulendes Wasser zu untersuchen, schreibt. Wahrscheinlich ist die 33. Missive Leeuwenhoeks vom 12. November 1680 gemeint, worin unter Anderem von den im Pfefferaufguss gefundenen Thierchen die Rede ist. Bonanni fand diese Thierchen auch und giebt davon eine Tafel Abbildungen, aus denen hervorgeht, dass er Infusorien gesehen hat. Ich halte es daher für fraglich, ob Bonanni mit seinen Mikroskopen Bakterien sehen konnte. Die Infusorien beobachtete Bonanni in zahlreichen anderen Infusen von Pflanzenstoffen. Am interessantesten für uns ist der zweite, *Micrographia curiosa* betitelte Theil des genannten Werkes. Im zweiten Kapitel dieses Theiles giebt er uns den erwähnten *catalogus aliquorum, qui eruditione et fama praeclari, suas observationes circa res minimas microscopio factas ad publicam utilitatem emulgarunt*. An erster Stelle wird Georg Hoefnagel genannt, der schon 1592 zu Frankfurt a. M. ein Werk über verschiedene, von ihm beobachtete Insektenarten mit 50 Kupfertafeln edirte.¹⁾ Dann folgt das bekannte Werk des Franciscus Redi über die Entstehung der Mücken, Läuse etc. mit Abbildungen; ferner die Werke des Marcellus Malpighi über die Naturgeschichte, Anatomie etc. des Seidenwurmes, bombyx, und ein 1671 zu London erschienenenes Werk über Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Dann erwähnt er eine ganze Reihe auch heute noch in hohem Ansehen stehender Werke über den mikroskopischen Bau von Pflanzen und Insekten, darunter z. B. die 1685 in Amsterdam erschienene Abhandlung Swammerdams über die Verwandlung der Insekten. Er schliesst die Aufzählung mit einem eingehenden Referat über die mikroskopischen Beobachtungen des Robert Hooke, 1667, und nennt dessen Werk „abunde luculentum“. Die Anerkennung, welche Bonanni den Leistungen Hookes zollt, geht so weit, dass er sein eigenes Werk eine „*Iliada post Homerum*“ nennt und ausdrücklich motivirt, warum er es dennoch veröffentliche. Alle diese Arbeiten legen Zeugniß davon ab, welche Rolle das Mikroskop schon damals im ersten Jahrhundert nach seiner Erfindung bei den Gelehrten spielte.

Im nächsten Kapitel giebt Bonanni einen *catalogus brevis eorum, qui microscopica instrumenta aut perita manu confecere, aut de illis*

¹⁾ Vgl. das erste Kapitel.

documenta vulgarunt; eine Aufzählung, welche für geschichtliche Forschungen beachtenswerthe Anhaltspunkte liefert. Bei dem einen oder anderen der erwähnten Mikroskope flicht Bonanni auch kritische Bemerkungen von Interesse ein. So kann er sich für das binokuläre Mikroskop des Cherubini, 1668, nicht begeistern, und hält die nur für ein Auge berechneten Instrumente für weitaus besser. Er schliesst den Abschnitt mit der Bemerkung, dass auch die besten und stärksten Mikroskope ihre Mängel hätten, vor Allem deshalb, weil die starken Vergrösserungen „coni visorii basim nimium arctant“, so dass man selbst „ganz kleine Thiere, z. B. einen Floh“, nicht auf einmal übersehen könne, was sehr hinderlich sei. Er macht daher den sehr beherzigenswerthen und auch heute noch von vielen Mikroskopikern befolgten Vorschlag, mehrere Mikroskope (Vergrösserungen) nacheinander für dasselbe Objekt und dessen Theile zu benutzen.¹⁾

Die Zusammenstellung seiner zeitgenössischen Mikroskopverfertiger leitet er ein mit den Worten: *Sine ulla igitur dignitatis odiosa immeritaque comparatione, hujus laudati instrumenti Confectorum, ex diversis Auctoribus nobiliorem messem colligere placuit, cum ii non*

¹⁾ Ich gebe die betreffende interessante Stelle (l. c. p. 17), welche für das verständige Urtheil Bonannis zeugt, im Wortlaute des Originals mit nachfolgender Uebersetzung: *Quamobrem omnia meo judicio Microscopiorum genera probanda sunt, iisque consilio uti debet Naturae rimator. Certe mihi diversa profuerunt. Primo quidem iis utendo, quibus tota objecti idea clare visa posset calamo delineari, deinde ejus partes iterum gradatim aliis subjiendo, quibus mirum in modum auctae possent distincte recognosci, et fideliter exarari, prout e Natura fuerunt fabricatae. Exulent igitur inutiles ex Academiis altercationes, quibus variorum Artificum tamquam inutilia damnantur studia, in diversa Microscopiorum constructione imperita; Omnibus certe suas laudes tribuam ego, dummodo omnium opera exquisito labore sint perfecta; omnes enim in suo Microscopiorum genere perficiendo, laudabiliter ob singulares eorum utilitates studia sua contulere, vel objectum totum proponant aliqua, vel divisim per partes successive dumtaxat, et ingenti cum incremento. „Deswegen sind meines Erachtens alle Sorten von Mikroskopen zu prüfen, und der Naturforscher soll dieselben mit Verständniss benutzen. Mir wenigstens haben sie verschiedene gute Dienste geleistet. Zuerst habe ich diejenigen benutzt, welche den ganzen Bau des Objektes deutlich zur Anschauung brachten, so dass ich ihn mit dem Zeichenstift umreissen konnte. Dann brachte ich die einzelnen Theile stufenweise unter andere Mikroskope, welche dieselben erstaunlich vergrösserten und ermöglichten genau zu erkennen und getreu, wie sie die Natur gebildet, abzuzeichnen. Weg also mit den akademischen Streitereien, wodurch die redlichen Bestrebungen so mancher Künstler, verschiedene Mikroskope zu konstruiren, als überflüssig verurtheilt werden! Ich wenigstens möchte allen die gebührende Anerkennung zollen, wenn nur ihre Arbeiten exakt und vollendet sind. Denn alle haben bei der Anfertigung ihrer speziellen Art von Mikroskopen in löblicher Weise ihren Fleiss daran gesetzt, auf ihren Spezialgebieten Nützliches zu leisten, mögen sie nun das Objekt im Ganzen vorführen oder die einzelnen Theile getrennt, beides ist von gewaltigem Nutzen.“*

omnibus terantur manibus.¹⁾ Die Konkurrenz der Mikroskopverfertiger unter einander muss wohl schon damals nicht unbedeutend gewesen sein! In der Reihe dieser Optiker nennt er auch den Joannes Filius Zachariae Joannidis Seelandus als in Belgio post primos Inventores Middelburgenses clarus. Von dem früher genannten, wegen seiner stark vergrößernden Glaskügelchen berühmten de Hudd aus Amsterdam führt er zwei Sorten von Mikroskopen auf; die eine Art ist insofern interessant, als die Instrumente nach einer Mittheilung de Monconny's ausser der eigentlichen Objektivlinse noch eine „lenticula crassior“ besaßen, und zwar in ea parte, ubi objectum admittitur, tali modo, ut radii luminis lenticulam intrantes objectum illuminare possint.²⁾ Sie besaßen also die schon im vierten Kapitel erwähnte Beleuchtungslinse, gleich den Instrumenten von Hartsoeker, Fig. 40, und dem Cirkelmikroskop im Germanischen Museum zu Nürnberg, Fig. 38. Bonanni beschreibt und kritisirt auch das Mikroskop Griendl's, von dessen Vortrefflichkeit er sich nicht recht hat überzeugen können, trotz eigener darauf bezüglicher Versuche.³⁾

Am Schluss des dritten Kapitels fasst er sein Urtheil dahin zusammen, dass es schwer sei, zu entscheiden, welches Mikroskop den Vorzug verdiene. Er verweist auf die Originalarbeiten und betont noch einmal, dass ein Mikroskop zu allen Beobachtungen nicht ausreicht, sondern man verschiedener bedürfe: Sicuti enim non unico penicillo utitur Pictor, nec unico Scalptro Statuarius, et omnia Artium opera multiplicibus instrumentis perficiuntur; ita pariter eos, qui rerum naturalium partes rimantur, variis instrumentis suos oculos munire necesse est.⁴⁾ Dann erst geht Bonanni zu seinen eigenen Mikroskopen und Forschungen über. Gewiss ein gutes Zeichen für seine Gerechtig-

¹⁾ „Ohne mich daher auf einen durch Gehässigkeit oder Ungerechtigkeit getrübbten Vergleich ihres Werthes einzulassen, habe ich nach Gefallen aus den Angaben verschiedener Autoren eine Aufzählung bekannter Verfertiger dieses gelobten Instrumentes zusammengestellt, da die betreffenden Werke sich nicht in aller Händen befinden.“

²⁾ „An der Stelle, wo das Objekt angebracht wird, und zwar so, dass die Lichtstrahlen, welche in die Linse eindringen, das Objekt erhellen können.“

³⁾ Er schreibt schliesslich: „Nec mihi animus est tali animadversione laudem minuere, quam instrumentum ejusque Auctor meretur; solum indico quidquid experientia me docuit — deutsch: Ich habe nicht die Absicht, durch eine solche Ausstellung das Lob herabzusetzen, welches das Instrument und sein Verfertiger verdient; ich theile nur das gerade mit, was die Erfahrung mich gelehrt hat.“ (l. c. p. 20.)

⁴⁾ „Denn gleichwie weder der Maler nur mit einen einzigen Pinsel malt, noch der Bildhauer mit einem Meissel arbeitet, vielmehr alle Kunstwerke mit mannigfachen Werkzeugen verfertigt werden, so ist es auch nöthig, dass Diejenigen, welche die Bestandtheile der Naturobjekte erforschen, ihre Augen mit verschiedenen Instrumenten bewaffnen.“

keit und Bescheidenheit! Der nun (Kap. 4) folgenden Aufzählung der von ihm selbst benutzten Instrumente schickt er die Bemerkung voraus, dass die Linsen aus bestem, fehlerfreiem Glase verfertigt und ihre Oberflächen absolut gleichmässig geschliffen sein müssen. Im Prinzip giebt er ferner den Mikroskopen mit möglichst wenigen Linsen den Vorzug: *Ubi enim plura vitra, ibi plures radiorum visualium refractiones, quae semper majori turbationis discrimini sunt obnoxiae non sine oculorum intuentium damno et Objectorum infideli expressione.*¹⁾

Bonanni schreibt, er habe drei Sorten von zusammengesetzten Mikroskopen benutzt, von denen zwei aus je drei und eine aus vier Linsen zusammengesetzt waren. Bei diesen Linsenkombinationen hatte stets eine bikonvexe die Funktion als Objektiv, während die anderen je zwei oder drei zusammen das Okular bildeten, und, wie Bonanni ausdrücklich hervorhebt, in unveränderter Stellung mit einander verbunden waren. Die Dimensionen, Krümmungen und gegenseitigen Entfernungen werden genau angegeben. Die Objektivlinse des ersten Mikroskops war nur schwach (Krümmungshalbmesser etwa 1,35 cm.²⁾ Die Okularlinse war plankonvex, Konvexität nach unten; die Mittellinse bikonvex, Krümmungshalbmesser 2,7 cm. Dies Mikroskop gab schwache Vergrößerungen und diente zur Orientirung über das ganze kleine Objekt. Für stärkere Vergrößerungen gebrauchte er die zweite Sorte von Mikroskop, deren Objektivlinse „*minimae sphaerae*“ 2 bis 3 „*gran*“ (?) gekrümmt war; die beiden zum Okular verbundenen Linsen waren bikonvex und hatten eine Oeffnung von 29 Grad. Sie waren entweder von gleicher Krümmung oder die Okularlinse stärker gekrümmt. Bei dem dritten Mikroskop war die Objektivlinse gleichfalls klein. Die oberste Okularlinse hatte eine „*amplitudo*“ von 35 bis 42 Grad, die der zweiten betrug 30, der untersten 28. Die unterste Okularlinse war die schwächste, dann folgte in der Stärke die mittlere und zuletzt die oberste. Die Kombination der Okularlinsen geschah nach einer dem Bonanni vom Kanonikus Joannes Baptista Costa mitgetheilten Vorschrift derart, dass die volle „*amplitudo*“ zur Geltung kommen sollte. Die Linsen standen so dicht übereinander, dass die Kombination wie ein Doublet bzw. Triplet wirkte, mithin etwa in der Art unserer Ramsden'schen Okulare. Auch suchte Bonanni durch Ausziehen des Tubus zuweilen die Vergrößerung zu steigern, im All-

¹⁾ „Denn je mehr Gläser da sind, desto mehr Brechungen erleiden die ins Auge gelangenden Strahlen, was für die Steigerung der Unterscheidungskraft schädlich ist, zum Nachtheil für die Augen der Beobachter und für die treue Wiedergabe der Objekte.“

²⁾ Umgerechnet nach Bonanni's Angaben auf unser Maass. Bonanni rechnet nach „*digiti*“ oder „*unciae*“, deren Länge ausweislich der Abbildungen = 1,8 cm betrug.

gemeinen gab er aber für diesen Zweck starken Objektiven den Vorzug: Si vero partes observatas alicujus objecti distinctius velis intueri, utere lenticula maximae convexitatis seu potius globulo perquam minimo, aciculae parvae caput sua mole non superante.¹⁾ Hier werden allerdings vornehmlich die berühmten, von ihm selbst verfertigten Glaskügelchen für einfache Mikroskope gemeint sein, denen er, wie erwähnt, zusammengesetzte Mikroskope vorzog. Sehr viel Werth legte er auf eine kräftige Beleuchtung, mit richtiger Abstufung und Einrichtung. Er schreibt darüber: Quamobrem vividissima luce non raro opus habemus, aliquoties vero remissa, et valde temperata, modo ex opposito, et tantum directa, modo laterali et reflexa. Secundo varianda est approximatio instrumenti, prout objectum requirit; varianda insuper est si producat instrumentum; nam elongatum magis ad moveri debet objecto, et ab eodem removeri, si contrahatur. Tertio in usu microscopiorum ratio illa eligenda est, quae magis simplex certa et expedita judicabitur.²⁾

Auch der mechanische Theil des Instrumentes soll möglichst vollkommen sein.³⁾ Von den ihm bekannten Mikroskopen gefiel ihm am besten das des Hooke, welches er anerkennend beschreibt. Weil dasselbe jedoch für die ihm sehr wichtig erscheinenden Beobachtungen im durchfallenden Licht nicht gebraucht werden konnte, konstruirte er sich drei eigene Instrumente, die er genau beschreibt und abbildet und welche Verbesserungen nach mehreren Seiten hin aufweisen. Die ersten beiden seiner Mikroskope,⁴⁾ Fig. 117 und 118, erinnern stark an das Tortona'sche Instrument, Fig. 116, und wurden mit der Hand gegen die Lichtquelle gehalten. Beide Instrumente waren in der Einrichtung fast gleich. Die Verschiedenheiten beziehen sich auf die Art der Einstellung. Bei Fig. 117 war der Tubus B in das Mittel-

¹⁾ „Wenn man die einzelnen Theile eines Objectes, über die man schon orientirt ist, genauer sehen will, dann gebrauche man eine kleine, sehr stark gekrümmte Linse oder vielmehr ein ganz winziges Kügelchen, nicht grösser an Masse als der Kopf einer kleinen Nadel.“

²⁾ „Wir brauchen daher nicht selten das allerlebhafteste Licht, zuweilen aber ein gemässigttes oder sehr gedämpftes; das eine Mal von gerade gegenüber und direkt, das andere Mal seitlich und reflektirt. Zweitens muss die Annäherung des Instruments an das Object je nach letzterem variirt werden; desgleichen auch nach der Tubuslänge; nach dem Ausziehen des Tubus muss derselbe dem Object genähert, nach dem Einschieben von demselben entfernt werden. Drittens soll beim Gebrauch des Mikroskopes diejenige Methode gewählt werden, welche als die einfachste am sichersten und schnellsten zum Ziele führt.“

³⁾ Aus Bonanni's Aufzählung geht hervor, dass er an Stativtheilen gekannt hat: Füsse, Stützen, Schrauben, Räder, Zahnstangen, halbkreisförmige, dazu passende Läufer, hölzerne Fassungen, Tuben aus Pappe, mit Messingbeschlägen etc. etc.

⁴⁾ Harting sagt l. c. III, p. 108; nur eins der Mikroskope des Bonanni habe unten eine Oeffnung gehabt; dies war aber bei allen dreien der Fall.

stück E ein für alle Mal fest eingeschraubt. Die Einstellung geschah durch Bewegen der Schraube F T des unteren, zur Aufnahme des Objektes bestimmten Stückes. Der die Objekte zwischen runden Gläschen führende „Schieber“ wurde in die seitliche, oblonge Oeffnung des Schlusstückes F T G bei O eingeschoben und in seiner Stellung vermittelt der Eisendrahtspirale und der durchbohrten Messingplatte bei B gegen die untere Platte G festgedrückt. Bei dem Mikroskop Fig. 118 waren die beiden Theile des Objektgestelles in fester Distanz zu dem Ganzen J J E D verbunden. Die Einstellung geschah durch Drehen der auf dem Tubus angebrachten Schraubenwindungen O C.

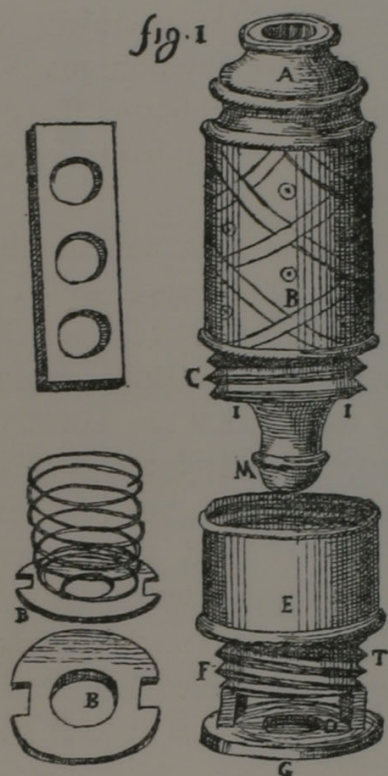


Fig. 117. Erstes Mikroskop des Bonanni, 1691.

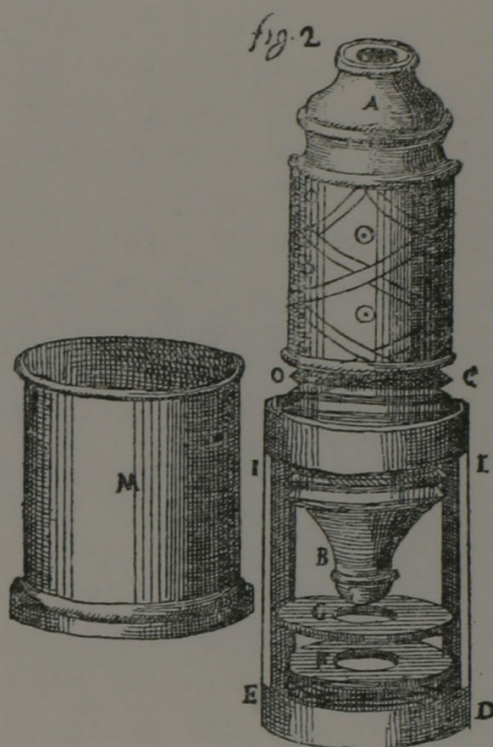


Fig. 118. Zweites Mikroskop des Bonanni, 1691.

Die Schieber kamen zwischen die Messingplatten G J, von denen G an den Seitentheilen des Gestelles befestigt war. Die Spiralfeder hatte an der Verschlussplatte ihren Fixpunkt und drückte vermittelt der Scheibe F den Schieber gegen G an. Zur Abhaltung von seitlichem Licht konnte über das Untertheil des Instrumentes die Kapsel M geschoben werden. Ohne diese Vorkehrung wurde das Instrument auch zu Beobachtungen im auffallenden Licht benutzt.

Mit beiden Mikroskopen arbeitete Bonanni. Beide waren ihm aber nicht ausreichend, wenn er von dem Gesehenen Zeichnungen anfertigen wollte. Da er dabei das Instrument mit der linken Hand gegen das Licht halten musste, während er mit der rechten zeichnete, ermüdete die linke Hand sehr leicht. Hauptsächlich um diesem Uebel-

stande abzuhelpfen, konstruirte er sich daher sein grosses, in Fig. 119 wiedergegebenes Mikroskop, welches in staunenerweckender Weise nicht nur in dem äusseren Habitus, sondern in vielen Einzelheiten an unsere modernen Apparate (z. B. für Mikrophotographie, Projektion etc.)

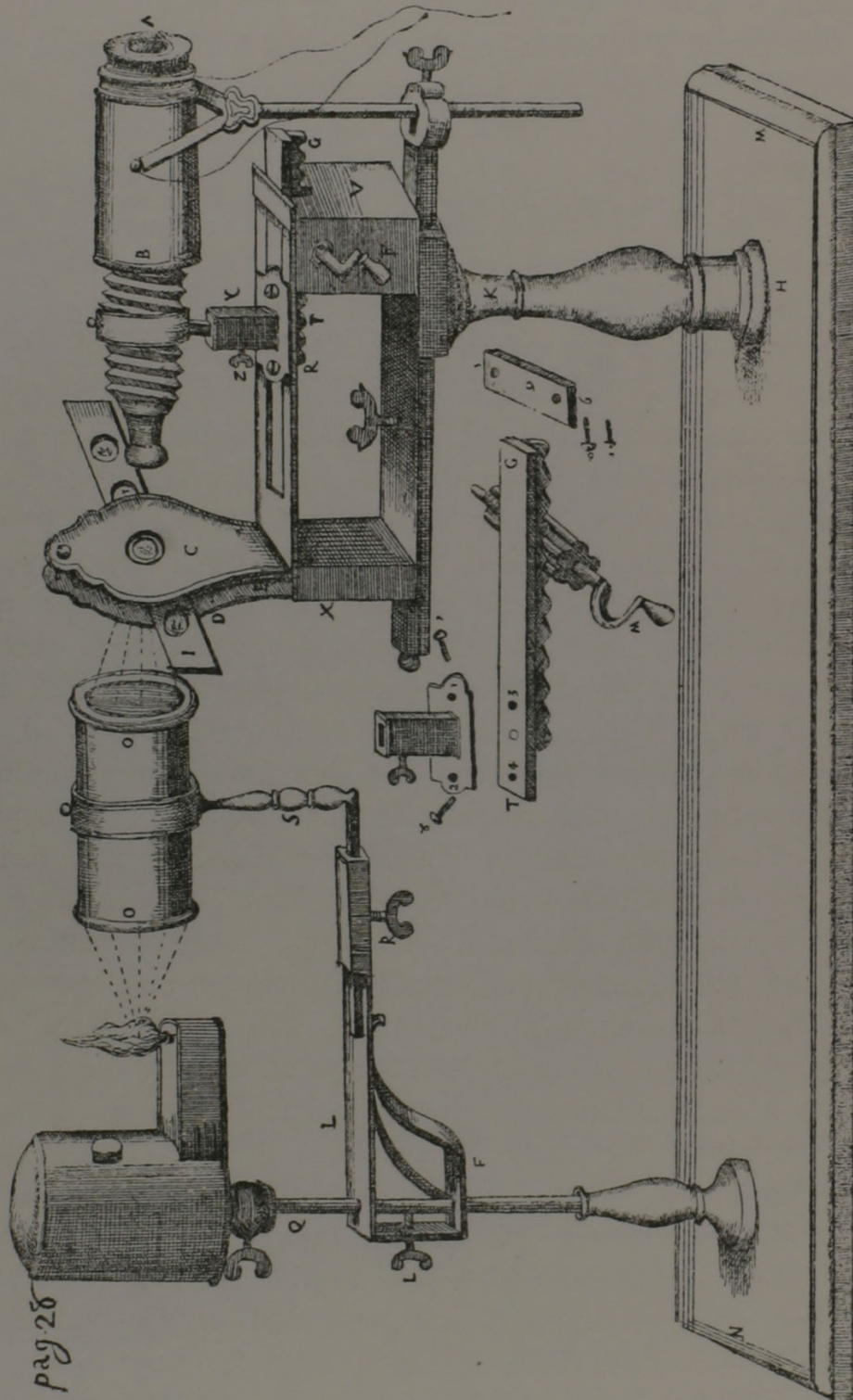


Fig. 119. Drittes, grosses Mikroskop des Bonanni, 1691.

erinnert. Für die Konstruktion des Instrumentes waren nachstehende Gesichtspunkte massgebend:

Das Mikroskop sollte ermöglichen:

1. Leichte Beweglichkeit des Objektes (in der Objektebene).
2. Leichte Beweglichkeit des Tubus (in der Sehachse).

3. Diese letztere Bewegung musste so allmählich und gleichmässig sicher vor sich gehen, dass der Theil des Objectes, den man durchmustern wollte, nicht aus dem Gesichtsfeld kam.
4. Eine gleichmässige Beleuchtung des ganzen Gesichtsfeldes.
5. Eine konstante Beleuchtung.
6. Das ganze Instrument sollte so stabil und fest sein, dass es stets in der gleichen Lage und mit demselben Licht benutzt werden konnte, damit der Beobachter das Bild bequem abzeichnen könne.

Dann folgt die Beschreibung der anschaulichen Figur, von der Folgendes zum Verständniss hervorgehoben sei: A B das Mikroskop (es können verschiedene dazu benutzt werden), welches fest mit Y verbunden wird durch die Schraube Z. — G T ein gezahnter Läufer von Messing, der das Mikroskop trägt und mittels der Handhabe M (oder F) bewegt wird. Die durch 1 und 2 bzw. 3 und 4 gehenden Schraubchen 7 und 8 dürfen nur so weit angezogen werden, dass die schlittenförmige Bewegung des auf den Läufern befestigten Gleitstückes T G nicht behindert wird. 9 ist die Platte, welche die beiden Enden der Gabel, in welcher der Läufer gleitet, fest mit V X verbindet. Zwischen D und C befindet sich eine Feder E, welche die regulae gegen C andrückt; die Beleuchtung erfolgt durch zwei in einen Tubus eingeschlossene Linsen O O; dieser Tubus wird so eingestellt, dass der Fokus desselben mit den Objecten zusammenfällt. „Non facile dictu est, quam distincte beneficio hujus lumine inspiciantur objecta.“¹⁾ Die letzten Kapitel des Buches bringen eine Reihe von eigenen, mit diesen Instrumenten gemachten Beobachtungen unter Anlehnung an die betreffenden Zeichnungen. Es geht daraus hervor, dass Bonanni mit ganz brauchbaren Instrumenten und allerdings nur mässigen Vergrösserungen gearbeitet hat. Bemerkenswerth sind z. B. seine Angaben über das Blut, dessen Körperchen er in ihrem Verhalten beim Eintrocknen und Gerinnen genau beobachtet und auch abgebildet hat. Er will auch Unterschiede zwischen dem Blut Gesunder und Fiebernder gefunden haben. Ferner studirte er gleich seinen Vorgängern und Zeitgenossen wässerige, längere Zeit gestandene Aufgüsse von allerlei Pflanzenstoffen, wie Pfeffer, Koriander, Nelken etc., die Angaben Anderer theils bestätigend und ergänzend, theils mit negativem Befunde. Ob Bonanni Bakterien gesehen hat, habe ich aus seinem Werke nicht entscheiden können. Vielleicht spricht dafür, was er am Schlusse des Kap. VIII sagt, dass von vielen dem Körper entstammenden Flüssigkeiten, welche man für vollkommen rein und

¹⁾ „Es ist kaum zu sagen, wie deutlich die Objecte durch diese Art der Beleuchtung erblickt werden.“

frei von jeglichem Seuchenstoff (labes) halte, „vermiculis tamen innumeris sepiissime scatere per microscopia exploratum est“. ¹⁾ Seine Vergrösserungen reichen wohl an 200 bis 300 mal heran. Die Abbildungen von Schmetterlingsschuppen weisen zum Theil Längstreifen auf.

Beim Bau seiner Mikroskope fand neben Holz und Pappe auch Messing und Eisen eine ausgedehntere Verwendung, als bis dahin meistens der Fall gewesen war. Verwunderlich ist, dass er die verschiedenen Vergrösserungen nicht durch einen Wechsel der Objektive erzielte, wie dies schon vor ihm z. B. Sturm gethan. Auch scheint er die aus zwei Linsen zusammengesetzten Objektive, die, wie erwähnt, Sturm und Zahn benutzten, nicht gekannt zu haben.

Das Ende des siebzehnten Jahrhunderts zeigt uns das zusammengesetzte Mikroskop hinsichtlich seines äusseren Habitus einschliesslich der Einstellmechanismen schon in einem fortgeschrittenen Stadium der Verbesserung. Auch die optische Einrichtung bot wenigstens die Anfänge einer gedeihlichen Entwicklung. Allerdings war man trotz der vortrefflichen theoretischen Abhandlungen eines Huyghens und Newtons, auf die ich in Kürze noch zurückkomme, doch nicht zu wesentlichen Verbesserungen der Linsen durchgedrungen. Dies lag zum Theil wohl daran, weil man, gleichfalls durch theoretische Spekulationen verführt, auf allerlei Abwege gerathen war, von denen ich zwei kurz erwähnen will.

Der eine Seitenweg ist durch die seit Erfindung des Mikroskopes verfolgten Bestrebungen gekennzeichnet, die sphärische Aberration durch die Benutzung parabolisch oder hyperbolisch geschliffener Linsen auszumerzen. Ich erwähnte schon bei den Mikroskopen des Kircher diesen Zug. Noch früher erörterte Porta ²⁾ **1607** theoretisch den Vorzug parabolischer Linsen zur genauen Vereinigung parallel auffallender Strahlen. Aehnliche Auffassungen von Descartes wurden oben erwähnt. Eine Uebertragung der Theorie in die Praxis des Linsenschleifens nebst Angabe und Abbildung aller dazu benöthigten Instrumente hat uns der Kapuziner und Prälektor Antonius Maria Schyr laeus de Rheita in seinem **1645** erschienenen sonderbaren Werke *Oculus Enoch et Eliae* ³⁾

¹⁾ . . . durch das Mikroskop festgestellt sei, dass sie dennoch recht häufig von zahllosen Würmchen wimmeln.

²⁾ *Magia naturalis*, 1607, p. 614.

³⁾ Schyr laeus de Rheita (s. Lit.-Verz.) hat den ersten Theil seines *Oculus Enoch et Eliae* (nach alter Ueberlieferung hat Enoch ein Buch über Astronomie geschrieben, und Elias Thesbites galt als „scientiae Siderum gnarus“) in erster Linie Deo optimo maximo und Christo Jesu, in zweiter augustissimo invictissimoque Caesari Ferdinando III Austriaco und den damaligen sieben obersten Kirchenfürsten gewidmet; der zweite Theil, die Theo-Astronomia, ist der Magnae matri Mariae

gegeben. Allerdings beziehen sich seine Vorschriften auf Linsen für das terrestrische und astronomische Fernrohr. Sie waren aber sehr genau und von Späteren benutzt. Hevellius, Maignan, Wren und der vorerwähnte Joh. Zahn erwähnen und beschreiben hyperbolische Linsen für Mikroskope. Irgend einen praktischen Werth scheinen jedoch diese Arbeiten nicht erzielt zu haben. Trotzdem wurde die Tendenz weiter verfolgt. So gab z. B. Hertel, auf den ich im nächsten Kapitel eingehender zurückkomme, in seiner Anweisung zum Glasschleifen etc.¹⁾ eine neue Serie von Apparaten an für die Anfertigung konischer („so da sind die Parabola, Hyperbola und Ellipsis“) Linsen, allerdings mit der „Hoffnung“, dass Andere nach seinen Vorschriften es zu einem guten Ergebniss bringen möchten.

Nur wenig besser ist es der Bemühung, binokuläre Mikroskope herzustellen, ergangen, dem an zweiter Stelle hier zu erwähnenden Irrwege, welcher bekanntlich sich bis in die Neuzeit in Gestalt eines zwar gangbaren, aber verhältnissmässig spärlich betretenen Pfades fortgesetzt hat. Auch diese Bestrebung ist auf eine ähnliche zuerst für das Fernrohr inszenirte zurückzuführen. Binokuläre Fernrohre gab es sehr früh, und ihre überraschenden Effekte in Gestalt der ersten Operngucker und Krimmstecher waren Anlass zu manchen Anekdoten, so von dem vom Kirchthurm herabgeholten Hahn des Joannes Lippensum Zelandus, erzählt l. c. p. 337 von de Rheita; letzterer brachte ausführliche Vorschriften für die Anfertigung der binoculi. Sein Ordensgenosse, der Pater Cherubin d'Orleans²⁾ vervollkommnete nicht nur das binocle bis zur Hoffähigkeit, indem er ein „oculaire royal“ für den König Ludwig XIV. und den Dauphin konstruirte³⁾, sondern er baute auch ein bin-

zugeeignet. Das Werk bietet ein wunderliches Gemisch von Physik, Astronomie, Theologie und Mystik. So handelt z. B. ein Kapitel des zweiten Theils allen Ernstes von einem mystischen Teleskop, welches „piissimus artifex Christus“ als das mysticum legis specillum zur höchsten Vollkommenheit gebracht hat, indem er zu den zwei Linsen (Charitas Dei und Dilectio proximi) auch noch als dritte Linse den Odium sui fügte. Dagegen soll der Teufel nicht nur das „erste Teleskop“ (primum specillum) von Adam und Eva im Paradiese, welches die beiden Linsen: Du sollst von allen Bäumen essen, vom Baum der Erkenntniss des Guten und Bösen aber nicht etc. umgedreht haben, sondern er versucht auch fortwährend, das telescopium secundum Christi zu ruiniren und an Stelle seiner genannten Linsen drei andere einzuschieben, nämlich: Odium Dei, Odium proximi und Amorem sui.

¹⁾ Hertel, Vollständige Anweisung zum Glass-Schleiffen etc. (vid. Lit.-Verz.) Halle, 1716; Kap. 4, „Von Zubereitung derer Gläser besonderer Flächen.“

²⁾ Cherubin d'Orleans, La vision parfaite ou le concours des deux axes de la vision etc. (vid. Lit.-Verz.), Paris, 1677; die Druckerlaubnis datirt von 1676; eine lateinische Ausgabe erschien 1678.

³⁾ Leider muss ich es mir versagen, die schönen und anschaulichen Abbildungen von diesem ersten Feldstecher hier zu reproduziren. Vergl. dazu im Original die Dedikationsvignette und die grosse Tafel zu p. 74.

okuläres Mikroskop, 1677, welches er auf das Ausführlichste beschreibt und durch Abbildungen erläutert (l. c. 2. Theil, p. 80). Es bestand aus zwei Mikroskopen, deren jedes ein Okular, ein Kollektiv

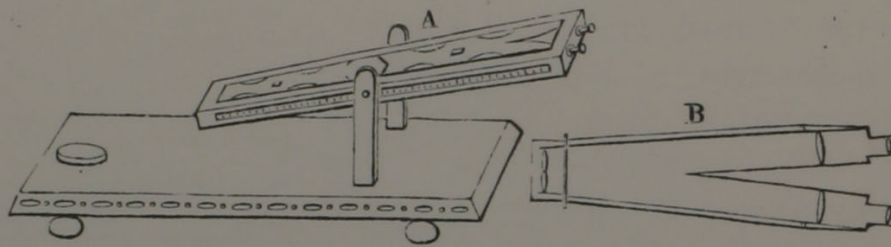


Fig. 120. Binokuläres Mikroskop des Cherubin d'Orleans, 1677.

und ein Objektiv gleicher Grösse und Brennweite besass, und die im Objektiv in spitzem Winkel zusammengefügt waren in der Weise, dass von den Objektivlinsen die zusammentreffenden Ränder bis beinahe zur Mitte abgeschliffen und aneinander gepasst waren. Aus Fig. 120 ist die Konstruktion des wunderlichen Instrumentes ersichtlich.¹⁾

Cherubin d'Orleans war von der Vortrefflichkeit seiner Erfindung in hohem Masse überzeugt und ergeht sich l. c. in recht überschwänglichem Eigenlob, indem er die Leistungen der gewöhnlichen Mikroskope, so z. B. die des damals berühmten Divini'schen Instrumentes, weit übertroffen zu haben glaubt. Die vorerwähnte, von seinen Zeitgenossen angestaunte Leistung des Divini'schen Mikroskopes, die Sichtbarmachung jener winzigen Milbe, hält er für grobe Uebertreibung und fechtet die Angabe mit allerlei Spitzfindigkeiten an. Daraus geht wohl zur Genüge hervor, dass sein eigener mühsam zu verfertigender, komplizirter Binokulus nur sehr mässig vergrössert hat. Auch Zahn giebt in der zweiten Auflage des *oculus artificialis* p. 706 u. 707 zwei ähnliche binokuläre Mikroskope an, die ebenfalls aus zwei dreilinsigen, mit einander spitzwinkelig verbundenen Mikroskopen bestanden. Das eine gleicht äusserlich der Fig. 120, das andere, in Fig. 121 faksimilirte stand senkrecht in einem Holzstativ. Bonanni

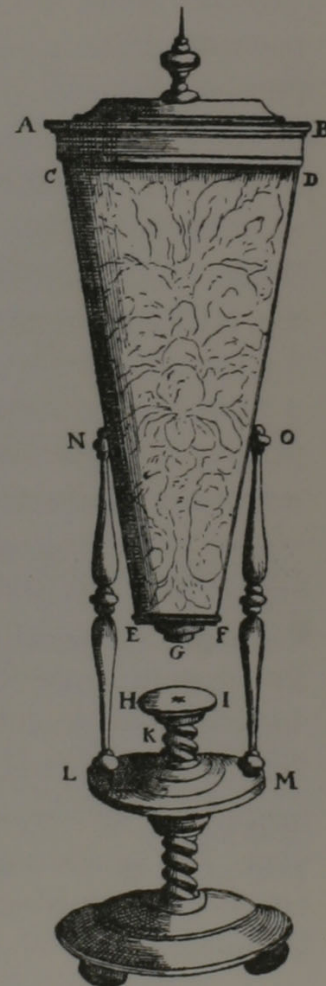


Fig. 121. Binokuläres Mikroskop von Zahn, 1701.

¹⁾ Figur nach Harting; l. c. III, p. 101; die französische Originalausgabe des Cherubin d'Orleans hat diese Abbildung nicht, sondern eine grosse Tafel, auf die ich der Raumersparniss halber verweise.

kannte diese Instrumente auch, hielt aber wohl mit Recht nicht viel davon, was aus der oberflächlichen „ehrenden“ Erwähnung derselben hervorgeht.

Die hier erwähnten binokularen Mikroskope mögen als Typen für derartige Instrumente genügen, die in ähnlicher Form und in gleicher Tendenz in der zweiten Hälfte des siebzehnten und im Anfang des achtzehnten Jahrhunderts mehrfach angefertigt wurden. Wie das erste zusammengesetzte Mikroskop des Janssen gewissermassen aus dem Okular des terrestrischen Fernrohres sich entwickelt hat, so führte auch die Erfindung des terrestrischen Binoculus, des Vorläufers unserer Operngläser und Krimstecher, zur gleichzeitigen Konstruktion des binokulären Mikroskopes. Leider war die Leistung des mikroskopischen Binocle im Vergleich zum terrestrischen minderwerthig, so dass die daran geknüpften Erwartungen nicht in Erfüllung gingen.

Neuntes Kapitel.

Das zusammengesetzte Mikroskop im achtzehnten Jahrhundert.

(Erste Hälfte.)

Aus den Mikroskopen des siebzehnten entwickelten sich ohne besonders markirten Uebergang die des achtzehnten Jahrhunderts. Während der mechanische Theil des Mikroskopes, wie das besonders das grosse Mikroskop des Bonanni zeigt, einen anerkennenswerthen Grad der Vollkommenheit erreichte, galt dies in weit beschränkterem Masse vom optischen Apparat. Es blieb in dieser Beziehung auch im achtzehnten Jahrhundert vor der Hand bei den Anfängen einer verheissungsvolleren Zukunft. Zwar waren die Bestrebungen zur Verbesserung der Linsen und ihrer Kombinationen aktuell geworden, aber sie kamen zunächst vornehmlich dem Okular zu Gute. Die bei Weitem grösseren Schwierigkeiten, welche die Bearbeitung der kleinen Objektivlinsen darbot, konnten von der damaligen Technik noch nicht genügend bewältigt werden. So ist es denn gekommen, dass für stärkere Vergrösserungen zumal im durchfallenden Licht zunächst noch das einfache Mikroskop den Vorrang behauptete, während das zusammengesetzte Mikroskop zwar für Arbeiten mit schwächeren Vergrösserungen auch im Dienste der Wissenschaft gebraucht wurde und gar manche dankenswerthe Bereicherung unserer

naturwissenschaftlichen Kenntnisse zeitigte, aber an den damals schon emporkeimenden Errungenschaften auf dem Gebiete der Mikrobiologie sich nicht betheiligte. Die Umkehr dieses Verhältnisses zwischen den beiden konkurrierenden Instrumenten war späteren Zeiten vorbehalten. Vielleicht ist es zu bedauern, dass das zusammengesetzte Mikroskop in jener Zeit gewissermassen in den Rang der von Zahn *microscopia ludicra* genannten Instrumente zurückfiel und mehr zur „mikroskopischen Augenergötzung“¹⁾ von Laien diente, als im Laboratorium des Forschers seinen Platz behauptete. Einen Vortheil hatte diese Verwendung des Mikroskopes in Laienkreisen aber doch. Es wurde in seiner äusseren Form gefälliger und eleganter, ja in einigen Beziehungen wirklich auch praktischer. Der wachsenden Verbreitung des Instrumentes entsprach eine Zunahme der Verfertiger, von denen fast jeder in Aeusserlichkeiten seine Eigenheit besass. Natürlich ist es unerheblich, diesen meist unwesentlichen Unterschieden nachzugehen. Ich habe mich daher auf einige charakteristische Typen beschränkt.

Wir haben gesehen, dass bereits im siebzehnten Jahrhundert als Material für das Mikroskop neben Pappe mit diversen Ueberzügen (Leder, Metallfolie etc.) für den Tubus, und Holz, Horn, Knochen für die Fassungen der Linsen mehr und mehr auch Metalle (Eisen, Messing, Stahl, Kupfer) für einzelne Theile des Stativs in Anwendung kamen. Zunächst blieb dies so; erst die weiteren Jahrzehnte des neuen Jahrhunderts führten allmählich zu einer immer ausgedehnteren Bevorzugung der Metalle im Mikroskopbau, welche schliesslich die weniger widerstandsfähigen alten Materialien vollständig verdrängten. Dieser Prozess vollzog sich verhältnissmässig langsam. Bekanntlich waren Mikroskope aus Pappe und Holz noch im neunzehnten Jahrhundert hie und da in vollem Gebrauch, und man findet solche ihrer Billigkeit wegen beliebten Instrumente auch heute noch in einigen Läden zum Verkauf.

Die Einrichtung des zusammengesetzten Mikroskopes für Beobachtungen im durchfallenden Licht lernten wir als eine Neuerung aus der zweiten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts kennen. Sie wurde in der Folge weiter vervollkommnet, obschon die Anfertigung der älteren, nur für auffallendes Licht berechneten Instrumente zunächst fortgesetzt wurde. So bestanden eine Zeit lang diese beiden Sorten zusammengesetzter Mikroskope nebeneinander. Die Vereinigung beider Prinzipien durch eine handliche Einrichtung an demselben Mikroskop war ein weiterer Schritt zur Verbesserung. Angebahnt war dies schon, denn Bonanni sagt ausdrücklich, dass das eine seiner Mikroskope, Fig. 118, senkrecht gestellt und zu Beobachtungen im

¹⁾ Vid. Ledermüller.

auffallenden Licht benutzt werden könne. Besonders praktisch war aber das Mikroskop für letzteren Zweck nicht. Die meisten Mikroskopiker arbeiteten mit zwei verschiedenen Instrumenten, z. B. der

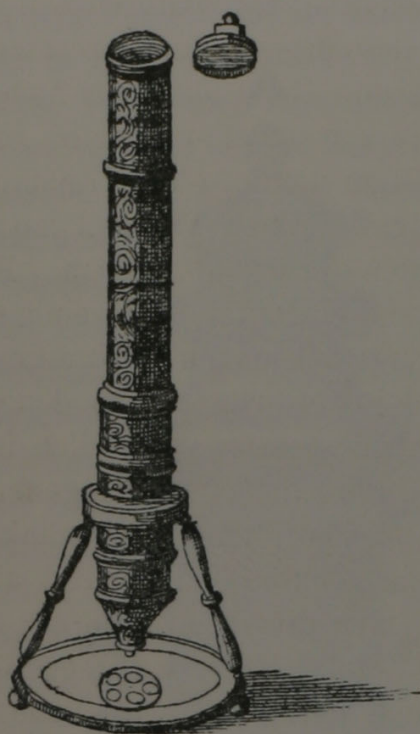


Fig. 122. Mikroskop von Conradi; für auffallendes Licht, 1710.

wegen seiner guten Mikroskope bekannte Koburger Schlossprediger Johann Michael Conradi, der die in seinem Büchlein „Der dreyfach geartete Sehe-Strahl“ etc.¹⁾ 1710 und in Fig. 122 und 123 wiedergegebenen beiden Mikroskope benutzte. Dieselben hatten drei Linsen, wie die im vorigen Kapitel erwähnten Instrumente, das

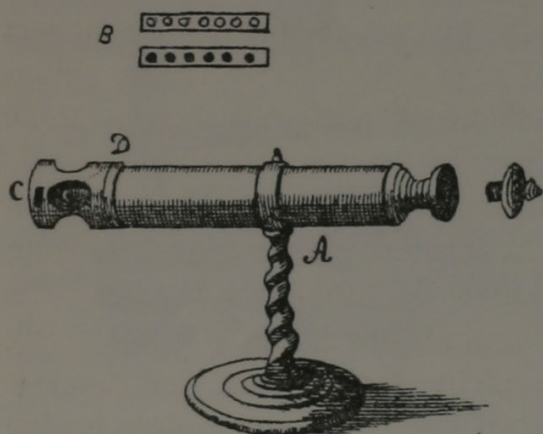


Fig. 123. Mikroskop von Conradi für durchfallendes und seitliches Licht, 1710.

Objektiv „in 2 Zoll geschliffen“, mit hanfkorngrosser Apertur, das mittlere Kollektiv von 12 bis 16 Zoll und das Okular von beiderseits 6 Zoll Krümmung²⁾. Uebrigens arbeitete Conradi auch mit anderen Mikroskopen, so besonders gern mit englischen von Hooke. Auch das Griendl'sche Mikroskop mit den drei Paaren Plankonvexlinsen kannte er, aber schätzte es nicht besonders. Das Instrument Fig. 122

konnte an den Stellen, wo die Linsen sassen, auch ausgezogen werden. Er beschreibt ferner ein Mikroskop mit bikonkavem Mittelglas, welches, an richtiger Stelle angebracht, das vom Objektiv entworfene Bild, oder, wie er schreibt, das „punctum concursus“ weiter „hinausbringt“, so dass das Okular entfernter angebracht werden musste. Auf die drehbare Objektivplatte, Fig. 122, waren kleine Scheibchen von weissem, schwarzem, rothem, grünem etc. Papier geklebt, worauf je nach dem besten Kon-

¹⁾ Conradi, Der dreyfach geartete Sehestrahl etc. (vgl. Literatur-Verz.). Coburg 1710.

²⁾ Conradi schreibt zwar l. c. p. 109, das mittlere Glas sei utriusque concavum, aber aus der dem Werkchen beigegebenen Figurentafel (Iconismus XXI, Fig. I), welche die innere Einrichtung der Instrumente zeigt, geht hervor, dass die Kollektivlinse bikonvex war. Vermuthlich im Text ein Druckfehler.

trast die Objekte kamen. Conradi kannte und verwerthete aber auch Okulare und Objektive, die aus zwei weniger konvexen Linsen zusammengesetzt waren, um grössere Korrektion der

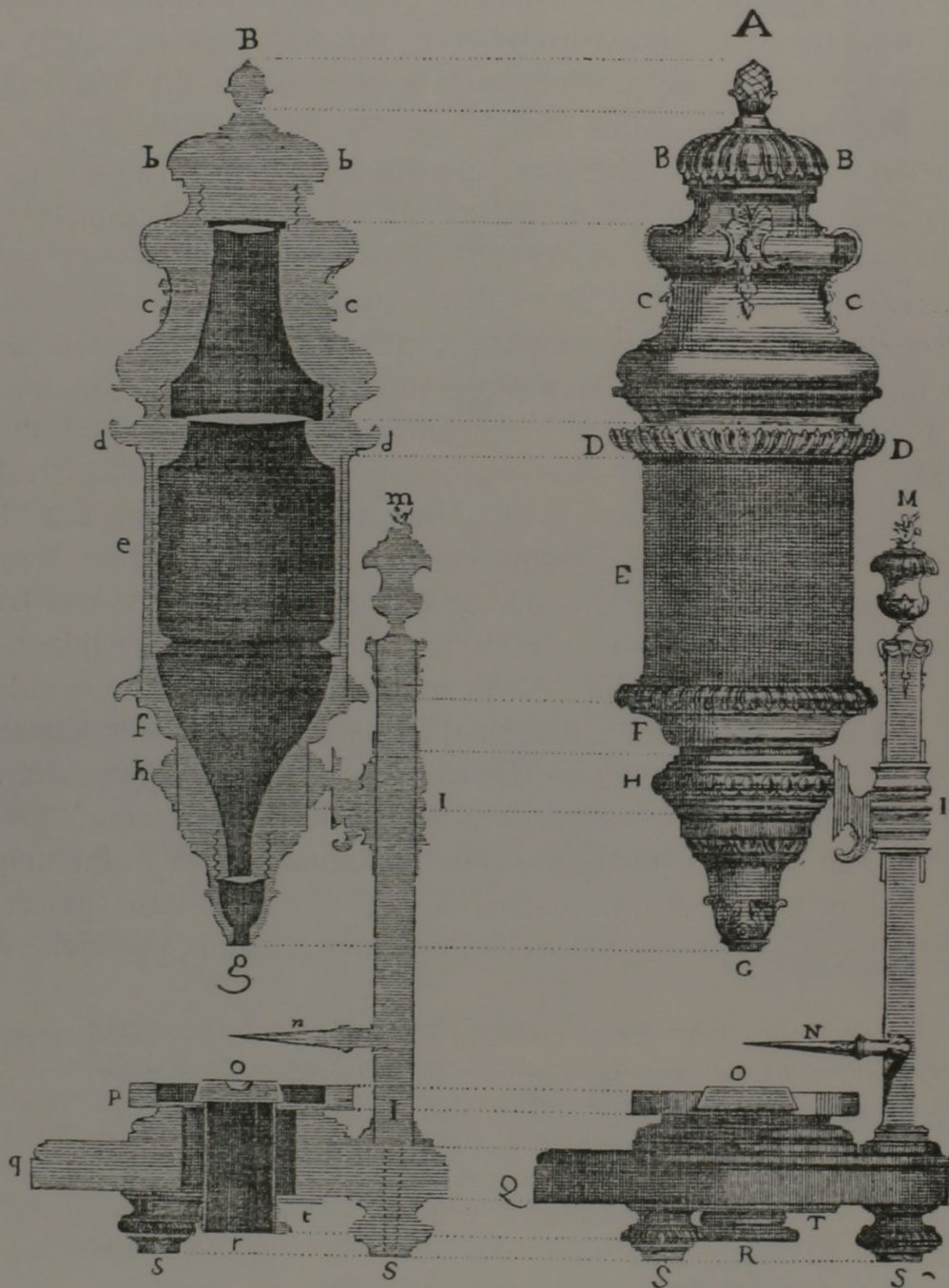


Fig. 124 und Fig. 125.
Mikroskop von Joblot, 1716,
im Durchschnitt, in Gesamtansicht,
für auffallendes und für durchfallendes Licht eingerichtet.

Aberration und eine grössere Apertur zu erzielen. Er rühmt als besonders gut ein nur 4 Zoll langes Mikroskop, das noch besser als die englischen gewesen sein soll und ein Doublet-Okular und ein Doublet-Objektiv hatte; die Krümmung der beiden Okularlinsen betrug

beiderseits 4 Zoll, die der Objektivlinsen 2 oder $1\frac{1}{2}$ Zoll. Die Linsen beider Paare berührten sich beinahe.¹⁾

Die Einrichtung, ein und dasselbe Mikroskop zu Beobachtungen im auffallenden und im durchfallenden Licht benutzen zu können, finden wir in leidlich praktikabler Form bei den Instrumenten von Joblot, 1716. Von seinen zusammengesetzten Instrumenten gilt im Allgemeinen dasselbe, was ich bei Besprechung seiner einfachen Mikroskope sagen musste. Sie sind der Form nach eleganter und handlicher als viele Instrumente seiner Zeit, aber der optische Theil bietet besondere Verbesserungen nicht dar. Eines der betreffenden Mikroskope ist in Fig. 124 im Durchschnitt, in Fig. 125 in der Ansicht nach der Originalabbildung²⁾ wiedergegeben. Aus der ausführlichen und umständlichen Beschreibung des Autors glaube ich Angesichts der sehr anschaulichen Zeichnungen nur Weniges herausgreifen zu dürfen. Der Tubus war mit Chagrin-Leder bekleidet, und konnte bei D, wo das (entfernbar) Mittelglas sass, ausgezogen werden. Dieser ausziehbare Theil schloss unten mit einem Diaphragma ab. Der verjüngte Theil des Tubus steckte in dem verzierten Messingring H, welcher mit dem Messingläufer J durch ein kurzes Zwischenstück verbunden war. Der Läufer liess sich an der stählernen Stativsäule auf und ab schieben und wurde in jeder Stellung durch eine im Innern befindliche Stahlfeder festgeklemmt. Die (wohl hölzerne) Fussplatte war in der Mitte weit durchbohrt; oben wurde diese Durchbohrung durch den nach allen Seiten verschieblichen Objektisch p abgeschlossen; in der Mitte desselben befand sich ein hohlgeschliffenes Glasstück, zur Aufnahme von Flüssigkeiten bestimmt. In der Höhlung der Fussplatte unter dem Objektisch steckte eine cylindrische Röhre aus Messing, in welche unten

¹⁾ Der wackere Herr Schlossprediger (Pastor Coburgo-Castellanus) scheint ob seiner Beschäftigung mit mikroskopischen Arbeiten Anfechtungen erlitten zu haben. Er sagt am Schlusse der Vorrede: „Uebrigens hoffe ich nicht, dass der geneigte Leser auf das gemeine aber ohne Grund seyende Urtheil verfallen werde, ob stünden dergleichen ἀλλότρητα einen meines gleichen nicht an. Wie auch: Man habe so viel im Amte zu thun, dass man daran nicht zu gedenken habe: Wie es denn geschehen kan, dass der Müssiggang und andere unverantwortliche Zeit-Verwendung nicht die Censur zu erfahren hat, als mein Beginnen und vermeintes Verbrechen. Es werden aber diejenigen, so de usu Matheseos in Theologia geschrieben, wie auch Mallebranche in seinem Buch, so er nennet: la Recherche de la Verité, meine Verantwortung sattsam thun. Zu dem halte ichs mit Sallustio, der in procemio bell. Iug. sagt: Falso queritur de natura sua genus humanum, quod sit aevi brevis. Wo man die Zeit auf nichts als nützliche Dinge verwendet, und nie müssig gehet, bleibt uns noch genug über, andere ehrliche Studia neben dem Hauptwerk zu tractiren. Der geehrteste Leser lebe wohl und suche Gott mit mir auch in seinen Geschöpfen zu preisen und seine Weissheit zu bewundern.“

²⁾ Joblot, Descriptions et Usages de plusieurs nouveaux microscopes etc. (s. Lit.-Verz.) Paris, 1718; Drucklegung begann 1716.

bei 1 Blenden verschiedener Oeffnungen eingesetzt werden konnten. T ist eine Messingplatte, an der drei kleine Federn angebracht sind. Die Vorrichtung soll zur gleichmässigen Bewegung des Objektisches P dienen. N ist eine Klemme zur Befestigung kleiner Objekte. Augenscheinlich ist die Einrichtung der Fussplatte für Beobachtungen im durchfallenden Licht bestimmt. Wie dieses Licht in die Oeffnung bei R hineingelangen soll, darüber bringt das Werk Joblots auch in der späteren, 1754 nach seinem Tode erschienenen Ausgabe¹⁾ nichts. Vielleicht konnte man das Instrument in toto umlegen, oder man stellte es für diesen Zweck über eine Oeffnung im Tisch, unter welchem ein Licht stand, ähnlich wie später beim Marshall'schen Mikroskop. Schön verziert war das Mikroskop. Der gedrehte Knopf M, der Deckel B und die Füsse G waren, wie Joblot schreibt, angebracht, „pour luy donner plus de grace“. ²⁾ Starke Vergrösserungen erzielte dieses Instrument nicht. Die Objektivlinse besass einen Fokus von vier bis fünf Linien. Der Fokus der Mittellinse war 18, des Okulars 8 Linien. Die Entfernung der Mittellinse vom Objektiv betrug bei eingeschobenem Tubus 30, bei ausgezogenem 35 Linien, vom Okular 12 Linien. Diese Entfernung betrug etwa die halbe Summe der Brennweiten beider zum Okular vereinigten Linsen und blieb stets dieselbe, mithin entsprach dies Okular Joblots den Huyghen'schen Okularen. Joblot konstruirte sich aber noch andere zusammengesetzte Mikroskope. Eins derselben ist in Fig. 126 und 127 wiedergegeben. Das Instrument ist charakteristisch für die Bestrebungen jener Zeit, in einem derartigen Apparat die Linsen für verschiedene Zwecke zu kombiniren. Aus dem Instrument konnten fünf verschiedene optische Apparate hergerichtet werden, nämlich: 1. ein Mikroskop mit den drei Linsen c, d und e; 2. ein Mikroskop mit zwei Linsen c und e; 3. ein drittes Mikroskop (mit drei oder zwei Linsen) durch Vertauschen der Objektivlinse e, deren Brennweite etwa sechs Linien betrug, mit einer anderen von nur drei Linien Fokus. Ein solches Mikroskop diene nach Joblot „à découvrir ce qu'il y a de plus beau et de plus singulier dans les liqueurs“; 4. eine „lunette d'approche“, welche die Gegenstände in richtiger Lage abbildete (also ein einfaches Mikroskop nach dem Prinzip der Brücke'schen Lupe) durch Wegnahme des Objektivs e und des Okulars c und Ersatz des letzteren durch die im Kopfstück eingeschlossene Bikonvexlinse g h; 5. eine zweite lunette d'approche, durch das Okular c und das Mittelglas d unter Verlängerung des Tubus. Besonderen Werth wird man solchen Spielereien wohl nicht beimessen. Joblot's Abbildungen sind in natürlicher Grösse (hier wenig verkleinert)

¹⁾ Observations d'Histoire naturelle, faites avec le microscope etc. Paris, 1754. (s. Lit.-Verz.)

²⁾ Vergleiche auch das elegante einfache Mikroskop Joblots in Fig. 46 u. 47.

und die Maasse sind genau eingezeichnet. Daraus geht hervor, dass seine Mikroskope etwa sechs Zoll hohe, zierliche und elegante Apparate waren. Er nennt sein Mikroskop, Fig. 127, eine „petite Machine nouvelle“. Joblot konstruirte schliesslich, gleich seinen Zeitgenossen, auch Universalmikroskope, in denen einfache und zusammengesetzte Mikroskope mit demselben Stativapparat benutzt werden

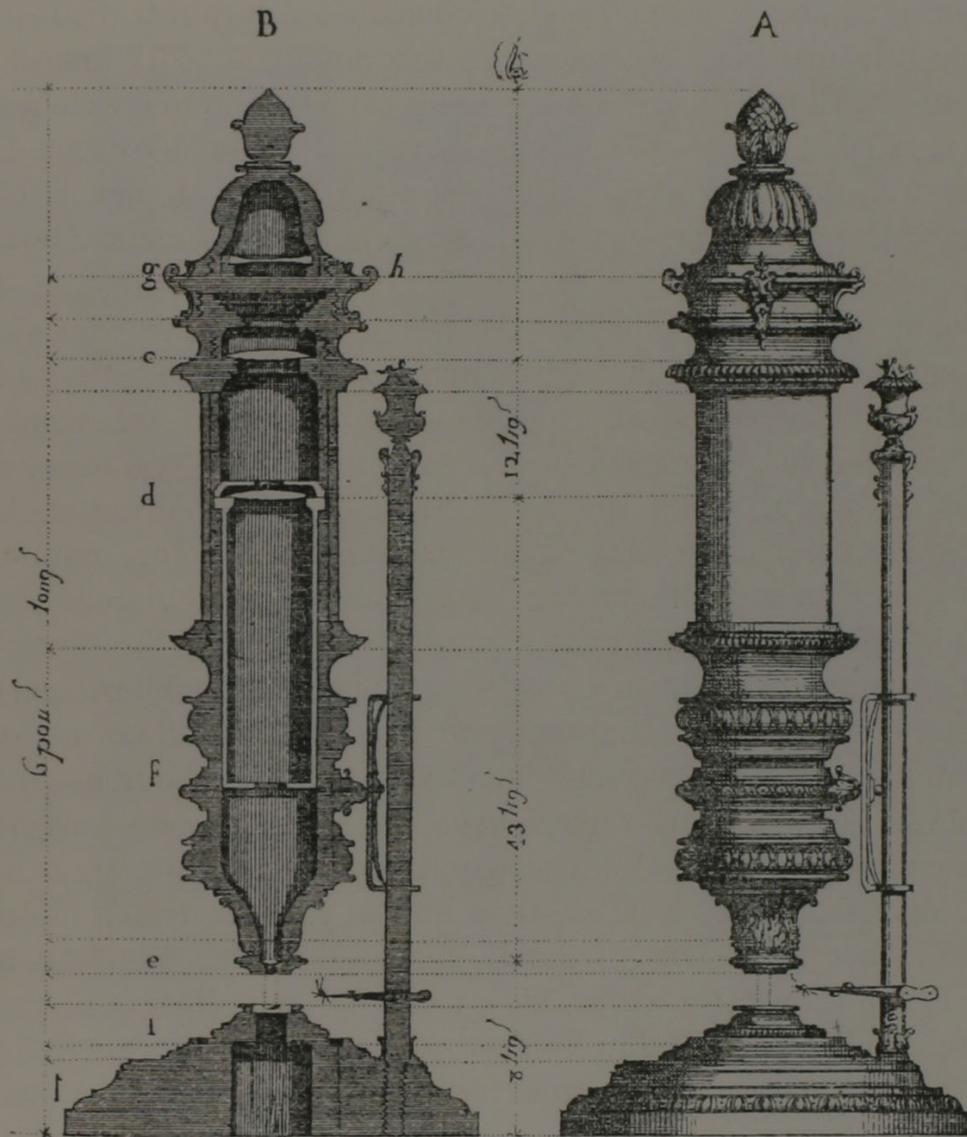


Fig. 123 und Fig. 127.
Zusammengesetztes Mikroskop nach Joblot, 1716, fünf verschiedene Kombinationen ermöglichend.

konnten. Diese Instrumente unterscheiden sich von dem eleganten, einfachen Mikroskop in Fig. 46 und 47 nicht wesentlich. Neu hinzugekommen ist nur die Einrichtung, dass an Stelle der viereckigen Platte aus dünnem Messingblech, welche in der Mitte die kleine Linse trägt (wie bei Leeuwenhoek) eine andere mit einem senkrecht darauf befestigten Ring versehen eingeschoben werden kann, die in der Mitte durchbohrt ist und in den federnden Ring ein kurzes Mikroskop

mit drei Linsen aufzunehmen bestimmt ist. Joblot hat für diesen Zweck vier kleine, dreilinsige Mikroskope konstruirt, die er in allen ihren Theilen genau abbildet und beschreibt. Das kleinste war nur 3,3 cm lang und 1,5 cm breit, das grösste hatte die Dimensionen 9,5

*Nouveaux Microscopes universels,
à trois verres.*

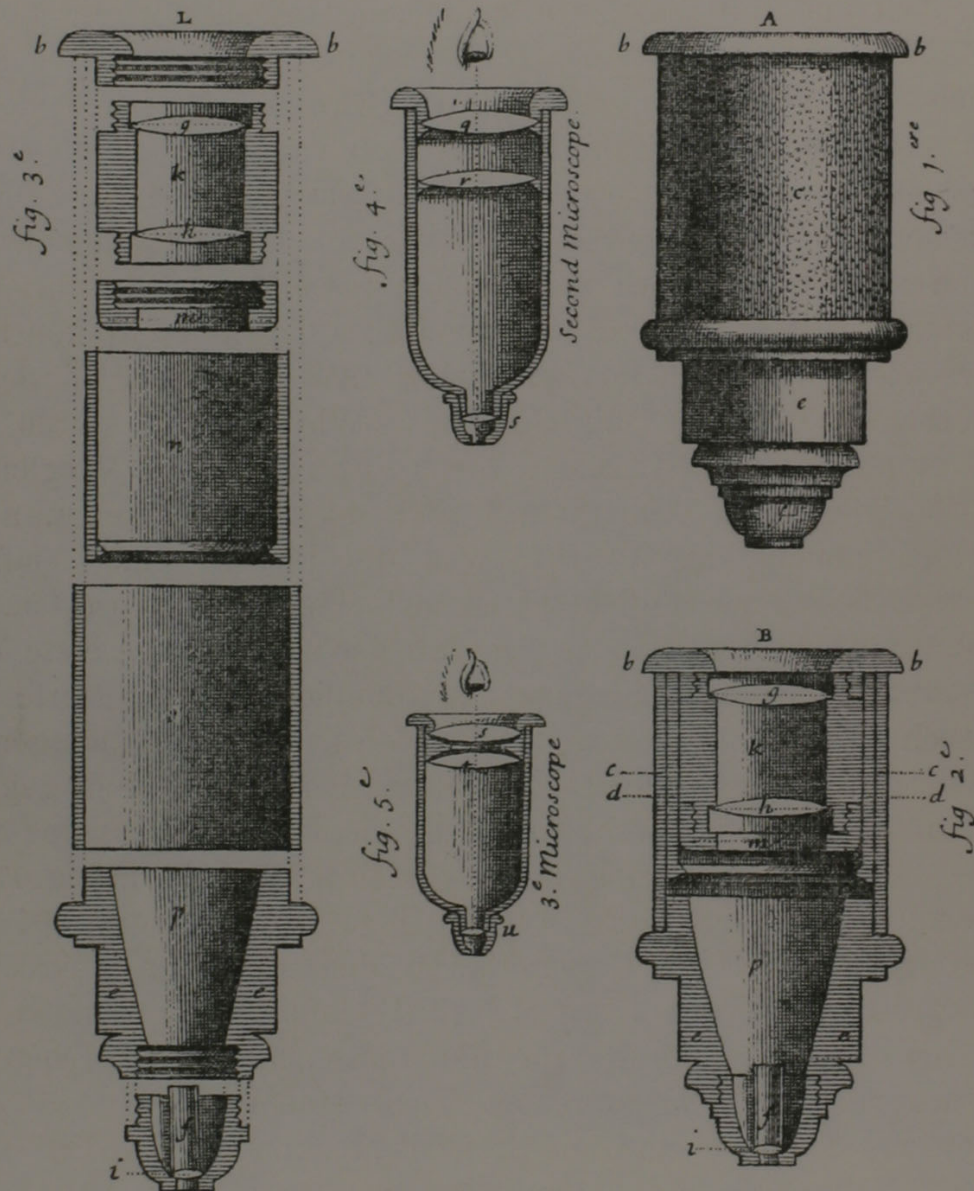


Fig. 127 (1—3). Kleines zusammengesetztes Mikroskop nach Joblot; 1 Totalansicht, 2 Durchschnitt, 3 derselbe, auseinandergezogen.

Fig. 128 (4). Kleines zusammengesetztes Mikroskop nach Joblot (nat. Grösse).

Fig. 129 (5). Kleines zusammengesetztes Mikroskop nach Joblot (nat. Grösse).

und 2,3 cm. Bei zwei grösseren waren die Okularlinsen nach dem Prinzip von Huyghens, bei den anderen beiden nach dem von Ramsden kombinirt. Die Fig. 127, 128 und 129 zeigen drei dieser kleinsten zusammengesetzten Mikroskope in natürlicher Grösse im Durchschnitt. Die Brennweiten der Linsen betrugen: Für Fig. 128: Okular q 12 Linien, Kollektiv r 10 Linien, Objektiv s 1 Linie. Für

Fig. 129: $s = 6$ Linien, $t = 4$ Linien, $u = 1$ Linie. An Stelle der Objektive von einer Linie können auch solche von $1\frac{1}{2}$ und 2 Linien ausgetauscht, und so verschiedene Vergrößerungen erzielt werden.

Hauptsächlich mit diesen kleinen, in die gegen das Licht gehaltenen Gestelle seiner eleganten, einfachen Mikroskope eingefügten Instrumentchen hat Joblot die wimmelnden Wesen in Pflanzenaufgüssen etc. beobachtet und studirt. Er empfiehlt sie wegen ihrer Handlichkeit und Billigkeit zu allgemeinem Gebrauch.¹⁾ Er benutzte diese Mikroskope auch, um den Blutkreislauf im Schwanz der Fische zu sehen, und verfertigte, wie Leeuwenhoek, der nach dem in Kap. 3 Gesagten dies „Kabinetsstück“ en vogue gebracht, ein elegantes und zweckdienliches besonderes Instrument dazu. Die beschriebenen Mikroskope repräsentiren nur eine knappe Blumenlese aus den zahlreichen, von Joblot abgebildeten und eingehend beschriebenen Apparaten. Joblot war ein „mechanisches Talent“. Er konstruirte und veränderte in einem fort, und man muss gestehen, hinsichtlich des mechanischen Theils mit Geschick. Wie primitiv waren nicht die selbstverfertigten Mikroskope Leeuwenhoek's im Vergleich zu diesen hocheleganten Apparaten. Und doch sah Leeuwenhoek mehr und genauer als Joblot, weil die Linsen seiner einfachen Mikroskope besser geschliffen waren und stärker vergrösserten.

Während Joblot in Frankreich das zusammengesetzte Mikroskop hauptsächlich nach Eleganz und Handlichkeit verbesserte, ohne wesentlich Neues hinzuzufügen, war dies den Bestrebungen der Mikroskopverfertiger in Deutschland und England bereits geglückt. Der Zeitfolge nach sind wohl zuerst die englischen Mikroskope zu erwähnen. Als Typus dieser Instrumente beschreibe ich das in Fig. 130 abgebildete, vom Optiker John Marshall zu London um 1704²⁾ verfertigte Mikroskop. Im Gegensatz zu den zierlichen Mikroskopen Joblots waren die von John Marshall kolossal zu nennen. Der Tubus nebst unterem Ansatz für die Linse hatte eine Länge von $1\frac{1}{4}$ Fuss rheinisch, im stärksten Theil eine Breite von $5\frac{1}{4}$ Zoll. Der optische Theil bestand aus drei Bikonvexlinsen, Okular bei W, $2\frac{5}{16}$ Zoll Fokus, $\frac{15}{18}$ Zoll Durchmesser; Abstand vom Auge 2 Zoll; 4 Zoll tiefer bei A das Kollektiv (stets dieselbe weite Distanz, also Prinzip des Huyghen'schen Okulars), Fokus 5 Zoll, Durchmesser $2\frac{3}{16}$ Zoll. $6\frac{1}{2}$ Zoll tiefer das Objektiv. Dem Mikroskop

¹⁾ l. c. (Observations etc. II, chap. XIX p. 8) schreibt er von dem kleinen Mikroskop Fig. 128: „Ce dernier petit Microscope est si facile à faire, si utile et de si peu de dépense, que j'ose me promettre qu'il sera agréablement reçu du Public: l'application qu'on en pourra faire à une nouvelle monture, lui fera peut-être mériter, de tenir le premier rang entre tous ceux qui ont été inventés jusqu'à présent.“

²⁾ Nach van Heurck s. Anm. 1 auf p. 144.

war — und dies ist als eine neue wesentliche Verbesserung anzuerkennen — ein Satz von sechs verschiedenen, austauschbaren Objektiven, jedes in besonderer Fassung, beigegeben, die, wie die Figur zeigt, in einer Schublade des Fusskastens untergebracht wurden. Das schwächste dieser Objektive hatte einen Fokus von 1 Zoll und vergrösserte nach van Heurck 4mal; die Vergrößerungen der Objektive 2 bis 6 betrugen für eingeschobenen Tubus (derselbe war bei A_2 ausziehbar) 7, 12, 25, 50 und 100; nach Verlängerung des Rohres um den vierten Theil mehr.

Van Heurck hatte 1891 zu Antwerpen ein 1704¹⁾ verfertigtes Marshall'sches Mikroskop in seiner schönen Sammlung ausgestellt.²⁾ In der zweiten Auflage seines Werkes macht er die interessante Mittheilung, dass die Okularlinse dieses Mikroskopes aus Rauchglas verfertigt ist, um die Farbensäume der Bilder weniger störend erscheinen zu lassen, was vollkommen gelungen sei und wenigstens bei den schwachen Vergrößerungen recht reine (nettes) Bilder liefere! Die Stativsäule war mit dem Fusskasten durch ein solides messingnes Kugelgelenk, M, verbunden, welche Einrichtung es ermöglichte, das Mikroskop in jede beliebige Lage und Neigung zu bringen. An der Stativsäule war das Mikroskop durch den mit dem Seitenarm D aus einem Stück verfertigten messingnen Läufer E verstellbar. Die mit 1 bis 6 bezeichneten Marken des Stabes gelten für die Oberkante dieses Laufstückes und geben dessen ungefähre Stellung für die entsprechenden Nummern des Objektivsatzes an. Die feine Einstellung geschieht durch Drehen der Schraube F am Griffe I. Den Fixpunkt für diese Bewegung schafft der mittelst Schraube H am Stabe festzustellende obere Läufer G. Eine dritte Einstellungsmöglichkeit gewähren die Schraubengänge des unteren Tubusansatzes, und schliesslich kann die Entfernung des Objektisches vom Stabe nach Lockerung der Schraube O durch Verschieben der Gabel NN beliebig verändert werden. In der Figur ist als Objektisch eine Glastafel in Messingrahmen, zur Aufnahme des damals üblichen kleinen Fisches oder anderer, für durchfallendes Licht geeigneter Objekte bestimmt, eingesetzt (vgl. damit die Aufschrift links oben an der Figurentafel). Für Beobachtungen in auffallendem Licht ist in der Schublade eine auf der einen Seite weiss, auf der anderen schwarz lackirte

¹⁾ Van Heurck, *le Microscope* 2^{me} éd. 1892 p. 295, giebt diese Zahl; Hertel, *Anweisung zum Glasschleifen etc.* (vid. Lit. Verz.) beschreibt 1716 das Marshall'sche Mikroskop als eine „neue Englische Art“. Nach einer Tafel in letzterem Werke ist die hier gegebene Figur 130, etwa um die Hälfte verkleinert, hergestellt. Sonderbarer Weise wird das Marshall'sche Mikroskop von Adams, 2. Ausgabe von Kanmacher, *Essays on the Microscope* (vid. Lit. Verz.), London, 1798, gar nicht erwähnt.

²⁾ *Exposition internat. d'Anvers, 1891, Catalogue* p. 56.

Blechplatte vorhanden. Als Lichtquelle diente entweder das Tageslicht, wobei das Instrument eventl. geneigt werden musste, oder Abends eine Kerze, deren Licht nach der Figur bei der Beobachtung durch-

JOHN MARSCHALLS
Neu-Inventirtes
DOPPELT-MICROSCOPIUM
Zur Betrachtung
der Circulation des Geblüths.

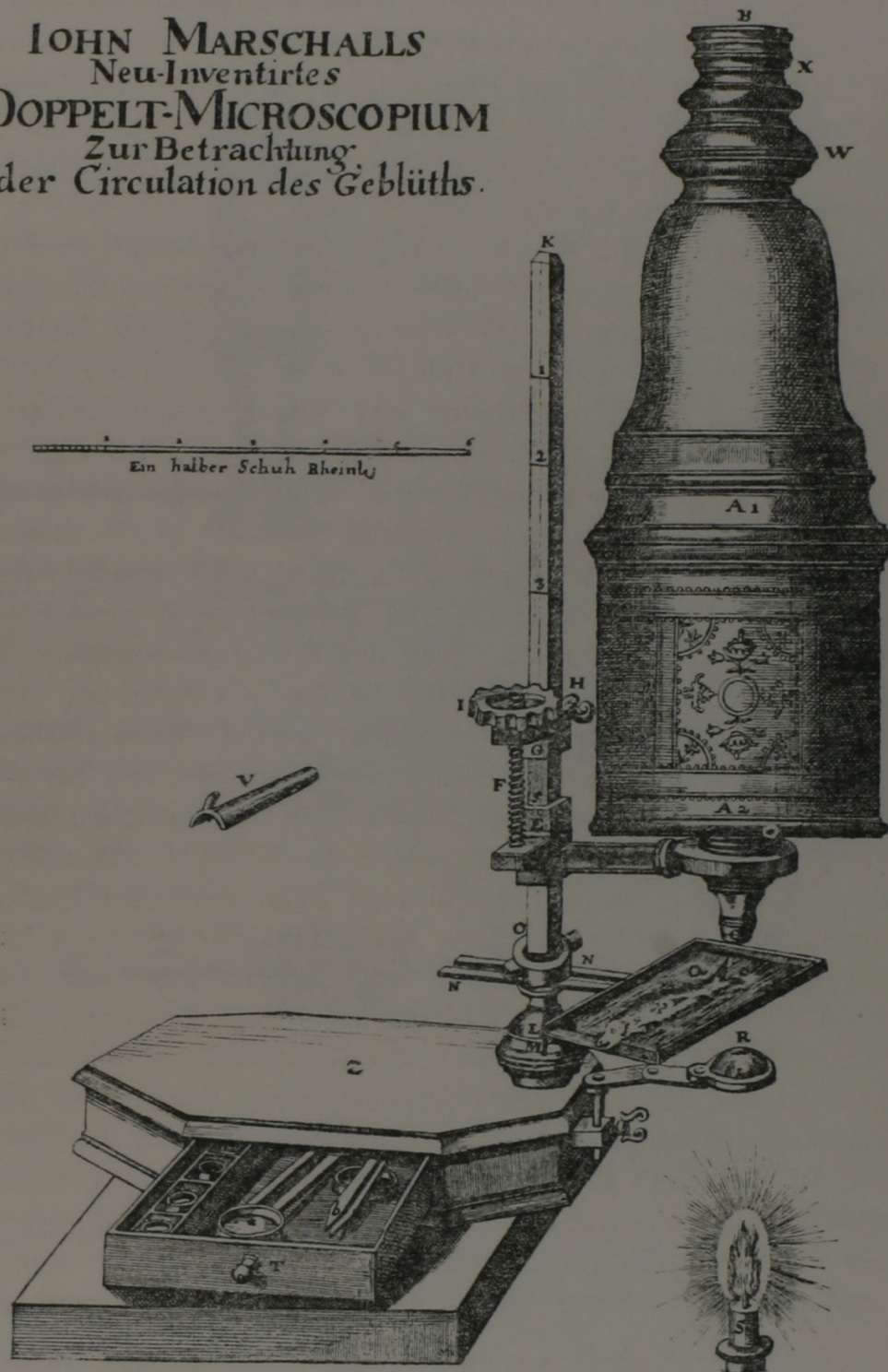


Fig. 130. Mikroskop von Marshall, 1704.

sichtiger Objekte von unten her vermittelt der stark gewölbten Linse R auf das Objekt konzentriert wurde. V stellt einen Halbkanal aus Blei vor, zur Beschwerung und Befestigung des Fischchens dienend. Augenscheinlich sind die Verbesserungen im mechanischen Theil gegen-

über den eleganten Joblot's recht bedeutende, an das horizonate Instrument Bonanni's erinnernd, dieses aber durch den Wechsel der Objektive übertreffend. Harting¹⁾ betont, dass trotz der vielen Verbesserungen dem Marshall'schen Mikroskop noch der Spiegel gefehlt habe. Van Heurck berichtet jedoch, dass später an Stelle der Linse R wirklich ein Planspiegel getreten sei²⁾. Das Marshall'sche Mikroskop erfreute sich verdientermassen eines guten Rufes und gewann grosse Verbreitung. Es war allerdings aus den mehrerwähnten Gründen ebensowenig wie die anderen zusammengesetzten Mikroskope dieser Zeit im Stande, das einfache Mikroskop zu verdrängen, aber es wurde wenigstens mit den Stativen eines seiner Konkurrenten veramalgamirt zu einem „Universalmikroskop“. Dasselbe benutzte und beschrieb umständlichst der in früheren Kapiteln mehrerwähnte Justizrath Ledermüller. Er erhielt die neue Kombination 1762 von Seiner Excellenz dem Herrn „Geheimden Rath und Reissobersallmeister Freyherrn von Gleichen, genannt Russwurm“, jenem bekannten Mikroskopiker, als Nachtrag

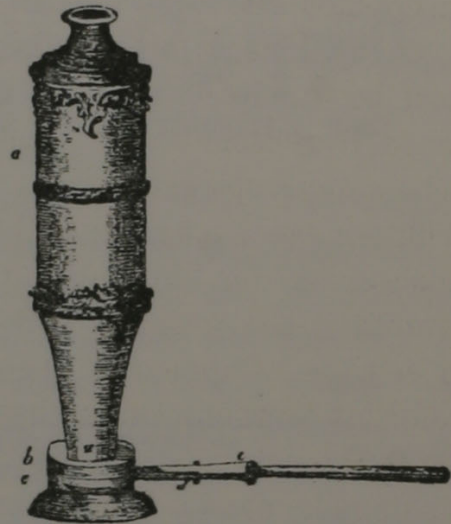


Fig. 131. Kombination des Marshall'schen Mikroskopes mit dem Universale (Cirkel-Mikroskop) des von Gleichen, genannt Russwurm, nach Ledermüller, 1762.

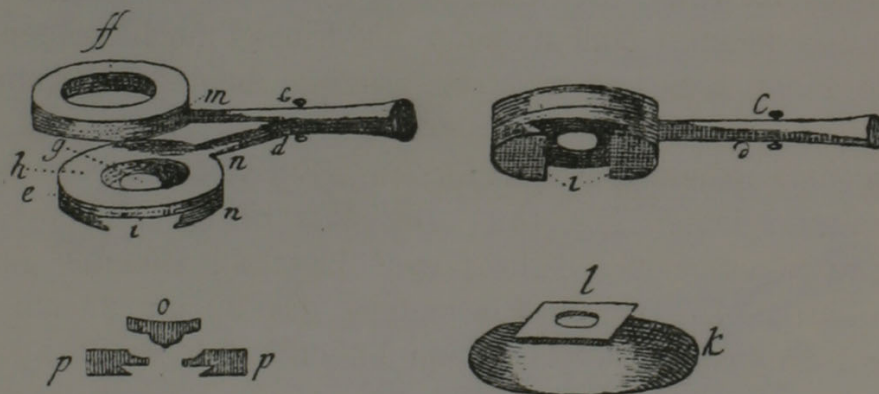


Fig. 132. Vorrichtung zum Wechsel der Objektive am Universale des von Gleichen-Russwurm nach Ledermüller, 1762.

zum früheren (1761) schon übermittelten „Universale“ (= für undurchsichtige, für flüssige und durchsichtige Objekte und für anato-

¹⁾ Harting, l. c. III p. 111.

²⁾ Auch Hertel (s. folg. Seite) hat mit einem Marshall'schen Mikroskop gut beobachten können, z. B. „die kleinen Würmlein, die in dem Essig, und die kleinen Thierlein, so in dem Wasser seyn, in welches man Pfeffer, Weitzen oder Gersten streuet, wie auch das Gewürme und die anderen lebenden Creaturen, so in dem Wasser der Gräben sind.“

mische Beobachtungen), dem oben in Fig. 33 wiedergegebenen Cirkelmikroskop. Die Verbindung geschah durch Aufstecken der in Fig. 131 abgebildeten Vorrichtung auf den oberen Cirkelschenkel. Als besonders praktisch wurde die durch Fig. 132 skizzierte Einrichtung zum Wechsel der Objektive erachtet, welche in der That als eine an unsere moderne Auswechsler erinnernde Neuerung Erwähnung verdient.

Die Linsen mit ihrem „Futter“ oder „Hütlein“ kamen in die dazu bestimmte Vertiefung g des Ringes h; in dem darunter befindlichen Durchschnitt ist o solch' eine Linse nebst Fassung; k ist ein Beleuchtungsspiegel nach Leeuwenhoek-Lieberkühn, der in den Schlitten bei i eingeschoben wurde. Der Ring a konnte behufs Auswechselung der Linseneinlagen um den in e befindlichen Stift seitlich herausgedreht werden. Die Röhre selbst sollte, um möglichst leicht zu sein, aus Pappe, mit grünem Leder oder Pergament überzogen, angefertigt werden. Undurchsichtige Gegenstände wurden, wie dies aus Fig. 33 ersichtlich, mit beiden Spiegeln erhellt. Abends diente als Lichtquelle die in Fig. 34 abgebildete Mikroskopirlampe.

Im mechanischen Theil noch vollkommener war das jetzt zu erwähnende deutsche Mikroskop des Professor Christian Gottlieb Hertel.¹⁾ Die erste Veröffentlichung darüber erschien 1712. Hertel wollte etwas Besseres schaffen, als ihm an Mikroskopen bekannt war. Er erkannte die Vorzüge des Hooke'schen Instrumentes, vermisste an diesem aber die Einrichtung für durchfallendes Licht. Dem helfe zwar das auch in anderen Einrichtungen vorzügliche horizontale Mikroskop des Bonanni ab, aber dieses sei für auffallendes Licht nicht zu gebrauchen. Zudem seien die Einstellmechanismen beider Mikroskope nicht fein genug. Die Vorzüge beider Instrumente zu vereinigen und eigene Verbesserungen anzubringen, ist nun Hertel in aner kennenswerthem Masse gelungen. Ein verkleinertes Facsimile der Originaltafel bietet Fig. 133. Die äussere Erscheinung des im Ganzen etwa 36 cm hohen Mikroskopes lässt an Eleganz nichts zu wünschen übrig. Die innere Einrichtung des 32 bis 33 cm langen, etwa 5 bis 6 cm breiten Tubus ist am linken Rande des Tafel (Fig. II) im halben Querschnitt sichtbar. Das Objectiv k l hat einen Fokus von $\frac{90}{100}$ Zoll; die Okularkombination, nach dem Ramsden'schen Prinzip konstruirt, besteht aus zwei $\frac{60}{100}$ Zoll von einander entfernten Bikonkavlinsen, deren oberste einen Durchmesser von $1\frac{11}{100}$ Zoll, eine Brennweite von $2\frac{5}{100}$ Zoll hat; diese Dimensionen betragen für die

¹⁾ Hertel, Vollständige Anweisung zum Glass-Schleiffen etc. Halle 1716 (s. Lit.-Verz.). Professor Christian Wolff schrieb für das Buch eine besondere Einleitung, und rühmt vom Verfasser, dass er — was damals ein novum — seine Erfahrungen im Linsenschleifen etc. ohne die übliche Geheimthuerei in schlichtem Deutsch „zum gemeinen Nutzen geoffenbahret“ habe.

mittlere Linse: Durchmesser $1\frac{1}{2}$ Zoll, Krümmungsradius $2\frac{66}{100}$ Zoll.
Dies untere Okularglas ist vom Objektiv bei eingeschobenem Tubus

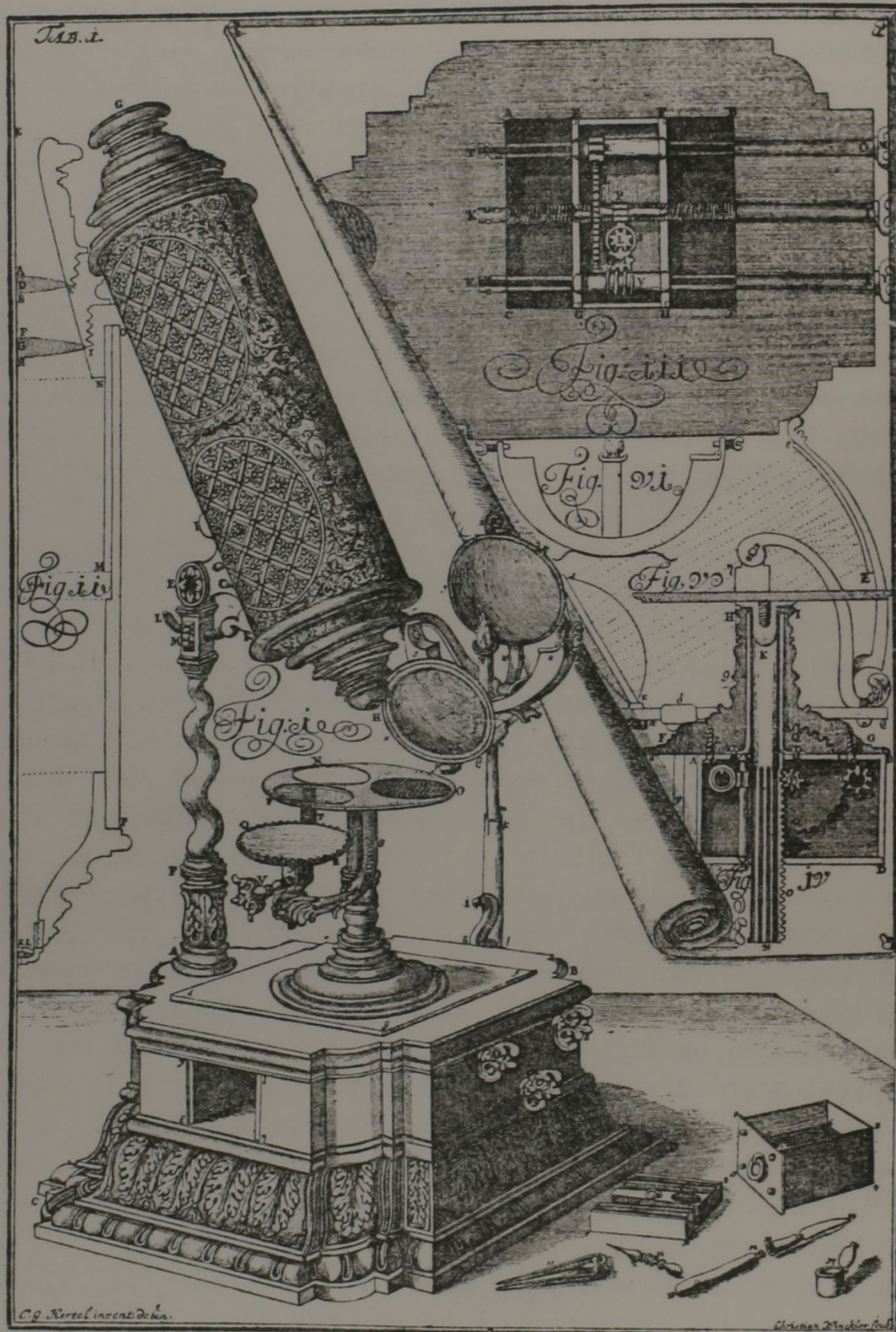


Fig. 133. Mikroskop von Hertel, 1712.

etwa 7 Zoll entfernt. Mithin waren die Vergrößerungen, welche Hertels Mikroskop lieferte, ziemlich mässige. Es lässt sich auch nicht leugnen, dass Marshalls Instrument durch den Satz verschiedener

stärkerer Objektive dem Hertel'schen optisch entschieden überlegen war. Der typische Fortschritt, den Hertels Mikroskop leistete, liegt vielmehr in den Einrichtungen des Objektisches und in der Beleuchtungsvorrichtung. Dazu tritt noch die Beigabe eigenartiger recht brauchbarer Schrauben- und Netz-Mikrometer, auf welche ich an anderer Stelle zurückkomme. Die Stativsäule aus verziertem vergoldeten Messing setzte sich durch die ganze Dicke des hölzernen Fussgestelles fort und war unten mit einer Schraube fest angezogen. Auf der Spitze war der Tubus durch ein Gelenk befestigt. Seine Neigung zum Horizont bestimmte die Stellung der Schraube KML. Die genaue Einstellung des Objektes geschah durch eine dreifache Bewegung des von allen Seiten freien Objektisches. Derselbe konnte durch die drei Schrauben an der vom Tubusträger abgewendeten Kastenseite gehoben und gesenkt, um seine Achse gedreht und horizontal von vorn nach hinten verschoben werden. Den betreffenden im Fuss verborgenen Mechanismus zeigen Figuren III und IV der Tafel. In den messingnen Objektisch waren eingelassen eine Scheibe aus Ebenholz für helle, eine Scheibe aus Elfenbein für dunkle Gegenstände zu Beobachtungen im auffallenden Licht. In den dritten kreisrunden Ausschnitt kam ein hohlgeschliffenes oder planes Glas für flüssige oder feste durchsichtige Objekte, die mit durchfallendem Licht studirt werden sollten. Zur Beleuchtung derselben diente der darunter durch die Schraube V verstellbare Planspiegel, welcher hier für das zusammengesetzte Mikroskop zum ersten Mal auftritt, ein gewiss hochanzuschlagender, obschon selbstverständlicher Fortschritt. Reichte das Tageslicht nicht aus, dann wurde die mit dem Stativ verbundene vertikal verstellbare und um die Achse drehbare Mikroskopirlampe benutzt, deren Beschaffenheit aus den Skizzen Fig. V und VI erhellt. Sie bestand aus einer in der Mitte zwischen einem silbernen Hohlspiegel und einer starken Konvexlinse in freier Schwebe aufgehängten Lampe, deren Licht entweder von oben auf das Objekt oder auf den Planspiegel konzentriert wurde. Der Hohlraum des Kästchens diente zur Aufnahme eines kleinen Schubs für Präparirinstrumente.

Hertel benutzte auch ein einfacheres, nur für auffallendes Licht bestimmtes Instrument, dessen Abbildung l. c. Tab. VIII zu finden ist. Der optische Theil stimmte mit dem des hier wiedergegebenen überein. Stativ und die damit verbundene Lampe erinnern mehr an das alte Hooke'sche Mikroskop. Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass Hertel auch Angaben für ein Mikroskop mit vier Linsen bringt. Interessant und für die damalige Technik bezeichnend ist Hertel's Aeusserung, dass behufs genauer Centrirung und Parallelisirung der Gläser im Tubus für die Fassung besser „recht rund“

abgedrehtes Holz und Papier verwendet werde, als „eisern Blech“. Immerhin darf den Hertel'schen Mikroskopen vom Typus der Fig. 133 ein achtunggebietender Grad von Vollkommenheit zuerkannt werden. Nur einen von Bonanni und Marshall verwendeten Apparat — den Condensor zwischen Spiegel und Objekt — hat Hertel in seiner Kombination ausgelassen.

Das schöne Mikroskop unseres Landsmannes Hertel scheint die ihm gebührende Verbreitung nicht gefunden zu haben. Wenigstens wird es in der ausländischen Fachliteratur jener Zeit nirgends erwähnt, während englische und französische Instrumente von geringerer Vollkommenheit in Deutschland alsbald bekannt wurden. Dies gilt von dem jetzt zu beschreibenden englischen Mikroskop von Culpeper und Scarlet, dessen Typus längere Zeit den Mikroskopverfertignern als Muster gedient hat. Die älteste Beschreibung dieses Instrumentes bringt Smith¹⁾ 1738. Das Mikroskop stellt eine Weiterentwicklung des vorerwähnten Marshall'schen dar, dessen Tubus und Linseneinrichtung mit einem Stativ aus drei Pfeilern verbindend, welches sich wieder aus den ältesten Stativmodellen des Janssen (3 Messingdelphine), Griendl (drei verzierte Säulen, Figur 108) und Zahn (Fig. 111, 4)

ableitet. Einfachheit und Billigkeit schafften dem Instrument grosse Verbreitung. Adams²⁾ nennt es „the common three pillared micro-

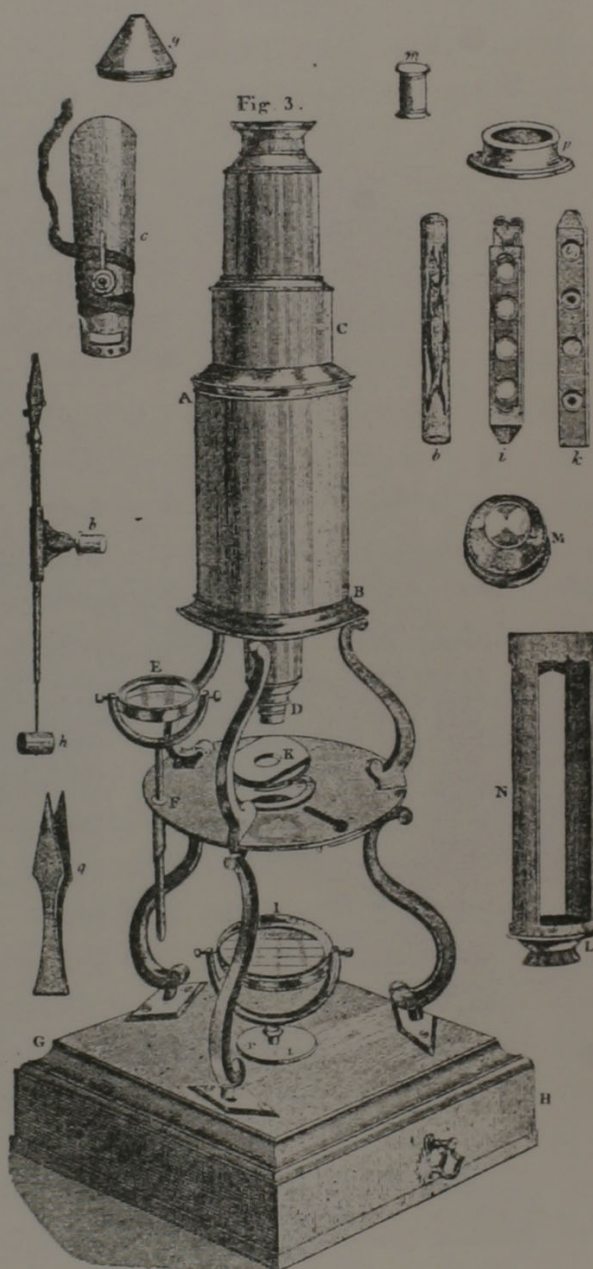


Fig. 134. Verbessertes Mikroskop von Scarlet und Culpeper aus Messing, um 1750.

¹⁾ Smith, Opticks, 1738 (nach Harting 1735) übersetzt von Pezenas, 1767 (s. Lit.-Verz.).

²⁾ Adams, Essays on the Microscope etc. 2. ed. von Kanmacher, London, 1798 (s. Lit.-Verz.).

scope“ und rühmt es der genannten Eigenschaften wegen. Die hier gegebene Abbildung, Fig. 134, ist nach Adams und zeigt das ursprüngliche Mikroskop in einer nur unwesentlich veränderten, aber gleichwohl verbesserten Form. Diese Verbesserung besteht darin, dass hier zum ersten Male der ganze Mikroskopkörper und das Stativ bis auf den Fusskasten von Mahagoni aus Messing verfertigt ist. Ferner finden wir an diesem Instrument zum ersten Male die Einrichtung, dass die grobe Einstellung durch Verschieben des Tubus in einer fest mit dem Stativ verbundenen Messinghülse A B erfolgt.

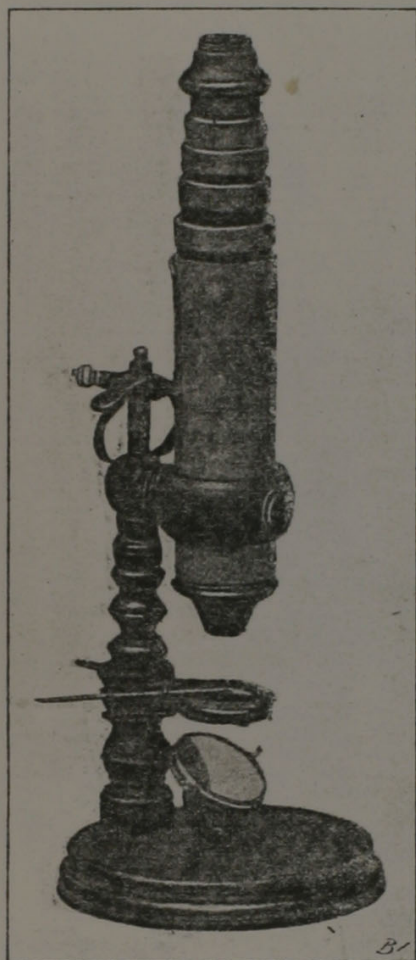


Fig. 135. Nürnberger Mikroskop
(German. Museum) um 1750.

Leider war die feine Einstellung desto mangelhafter. Sie sollte beim ursprünglichen Modell durch Schrauben am Objektiv D erfolgen. Adams scheint jedoch auf diese Art der Einstellung verzichtet zu haben. Er erwähnt sie nicht, was dagegen Baker¹⁾ thut, der das Instrument als the double reflecting microscope beschreibt und des hinzugefügten Beleuchtungs-Spiegels wegen rühmend hervorhebt. Das Mikroskop besass ferner eine wenigstens der Form nach neue Blendung, den Konus g, der unter die Oeffnung des Objektisches eingeschraubt werden konnte. Für die Beleuchtung im auffallenden Lichte diente die Linse E und der Leeuwenhoek-Lieberkühn'sche Spiegel L, welcher vermittelst des Ansatzes N auf den schmalen Untertheil des Tubus aufgeschoben wurde. Dem Mikroskop war ein Satz von fünf Objektivlinsen beigegeben nebst einer Anzahl von Nebenzubehörsinstrumenten, deren Benutzung wohl aus der Figur ersichtlich ist. Das beider-

seits mit einem Planglas versehene Büchsen p diente zur Aufnahme kleiner Thiere und ähnlicher Objekte; in der Elfenbeinbüchse m war eine Anzahl runder „tales“ (Deckgläschen aus Marienglas) untergebracht nebst kleinen Drahttringen zu deren Befestigung in den „sliders“ (Schiebern) i k; in M wurde der kleine Spiegel L verpackt. Die ursprünglich von Scarlet und Culpeper verfertigten Instrumente bestanden jedoch nicht vollständig aus Messing, sondern grösstentheils

¹⁾ Baker, The microscope made easy, London, 1769, p. 17.

aus Holz und Pappe. In Deutschland, besonders in den Mikroskopfabriken Nürnbergs, wurde das Modell gleichfalls aus billigem Material in einer grosser Zahl von Exemplaren hergestellt und überallhin vertrieben. Van Heurck theilt mit, dass in seiner Jugend im Laden eines berühmten Antwerpener Optikers solche Mikroskope ganz aus Holz und Pappe für 15 Frs. verkauft wurden. Ueberhaupt lieferten die Werkstätten Nürnbergs in jener Zeit billige zusammengesetzte Mikroskope verschiedener Gestalt, den damals bekannten Typen nachgebildet und unwesentlich verändert. Van Heurck giebt p. 297 l. c. die Abbildung eines solchen Instruments, dessen sich der Antwerpener

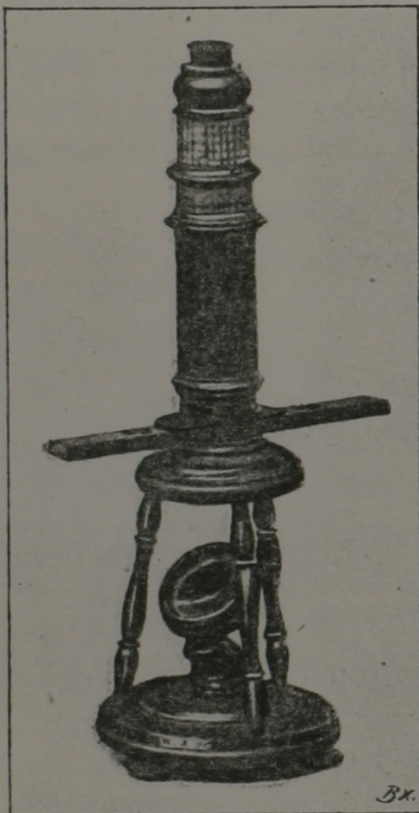


Fig. 136. Nürnberger Mikroskop
(German. Museum) um 1750.

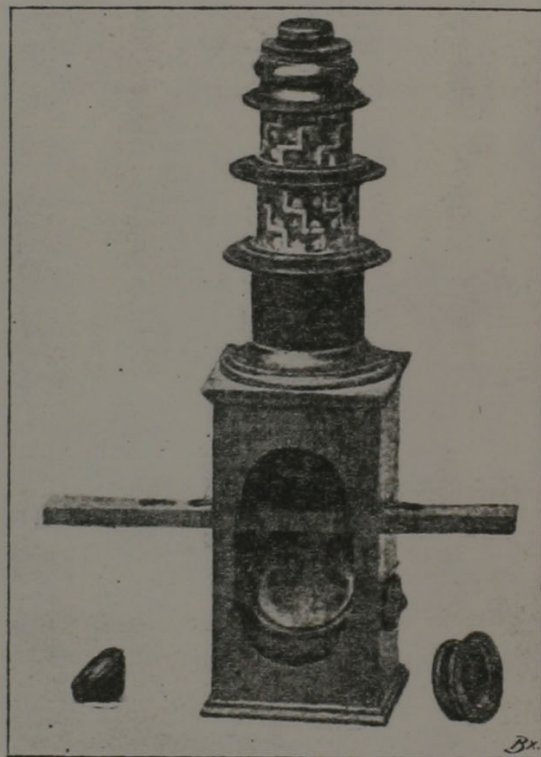


Fig. 137. Nürnberger Mikroskop
(German. Museum) um 1750.

Arzt Vervliet, † 1764, bediente, das ebenfalls aus Holz und Pappe bestand und vor dem Culpeper'schen den Vorzug besass, dass der Objektstisch, durch einen Seitenarm mit dem Stativ verbunden, freie Bewegung des Objektes nach allen Seiten hin gestattete, wie dies ja schon bei den Mikroskopen von Hertel und Marshall der Fall war. Ein ähnliches Nürnberger Mikroskop, vermuthlich aus derselben Zeit¹⁾ (um 1750) befindet sich im Germanischen Museum. Fig. 135 ist die

¹⁾ Ich konnte über Zeit und Herkunft der Instrumente, Fig. 135 bis 137, nichts Näheres in Erfahrung bringen. Es ist jedoch feststehend, dass sie Nürnberger Fabrikate sind. Instrumente von der Form Fig. 137 oder wenig verändert sind auch jetzt noch bei Nürnberger Optikern zu billigen Preisen zu haben.

nach einem Photogramm des Verfassers angefertigte Abbildung desselben. Der Tubus gleitet in einem Holzring und kann durch eine Holzschraube fixirt werden. Der Objektisch besteht aus zwei parallelen Platten mit einer Oeffnung in der Mitte und der damals üblichen Einrichtung zur Aufnahme der „Schieber“. Unmittelbar an die ursprüngliche Form des Culpeper'schen Modells erinnert ein zweites Mikroskop des Germanischen Museums, Fig. 136, welches ich mit einem Schieber versehen aufgenommen habe. Hier ist die Hülse zur Verschiebung des Tubus beibehalten, die obere Hälfte des Stativs zu einem mit seitlichem Ausschnitte versehenen kurzen Rohrstück verändert und der Objektisch ganz fortgefallen. Mithin kann dies Instrument nur für durchfallendes Licht benutzt werden. Eine dritte Form derartiger Instrumente zeigt Fig. 137, gleichfalls im Germanischen Museum zu Nürnberg, und nur für durchfallendes Licht eingerichtet. Die letzt-erwähnten drei Mikroskope dienten nur zu mässigen Vergrösserungen.

Zehntes Kapitel.

Das zusammengesetzte Mikroskop im achtzehnten Jahrhundert.

(Zweite Hälfte.)

Die Mikroskope wurden schon im vierten Jahrzehnt des achtzehnten Jahrhunderts gewöhnlich ganz aus Messing verfertigt, und die billigen Instrumente aus Holz, Pappe, Leder etc. waren die Ausnahme. Nicht selten benutzte man, wie wir dies am Beispiel des Culpeper-Scarlet'schen Mikroskopes sahen, die Typen der älteren Holz- und Pappe-Modelle und machte sie in unwesentlich veränderter Gestalt in Metall nach. Gleichzeitig mit dem Interesse an mikroskopischen Arbeiten bei Forschern und Liebhabern nahm auch die Zahl der Mikroskopfabriken zu, und es ist nicht möglich, alle Formen des en vogue gekommenen Instrumentes zu verfolgen. Adams¹⁾ (der Jüngere) sagt in dem Kapitel über die Geschichte des Mikroskopes, dass von Bonanni bis zu seiner Zeit in der Weiterentwicklung des Mikroskopes eigentlich ein Stillstand eingetreten sei. Selbst an dem später zu erwähnenden Mikroskop des Dellebarre will er noch keine wesentliche Vervollkommnung anerkennen. Als einen neuen Weg zur Herstellung besserer Mikroskope erwähnt er dann

¹⁾ Adams, Essays on the microscope etc. London 1798. 2. ed. p. 16 u. f.

die Versuche von Baker und Smith, nach dem Muster der Spiegelteleskope auch für das Mikroskopobjektiv an Stelle der Linsen Konkavspiegel zu verwenden. Trotzdem diese sogenannten katoptrischen Mikroskope später vervollkommenet wurden (vgl. darüber Harting),

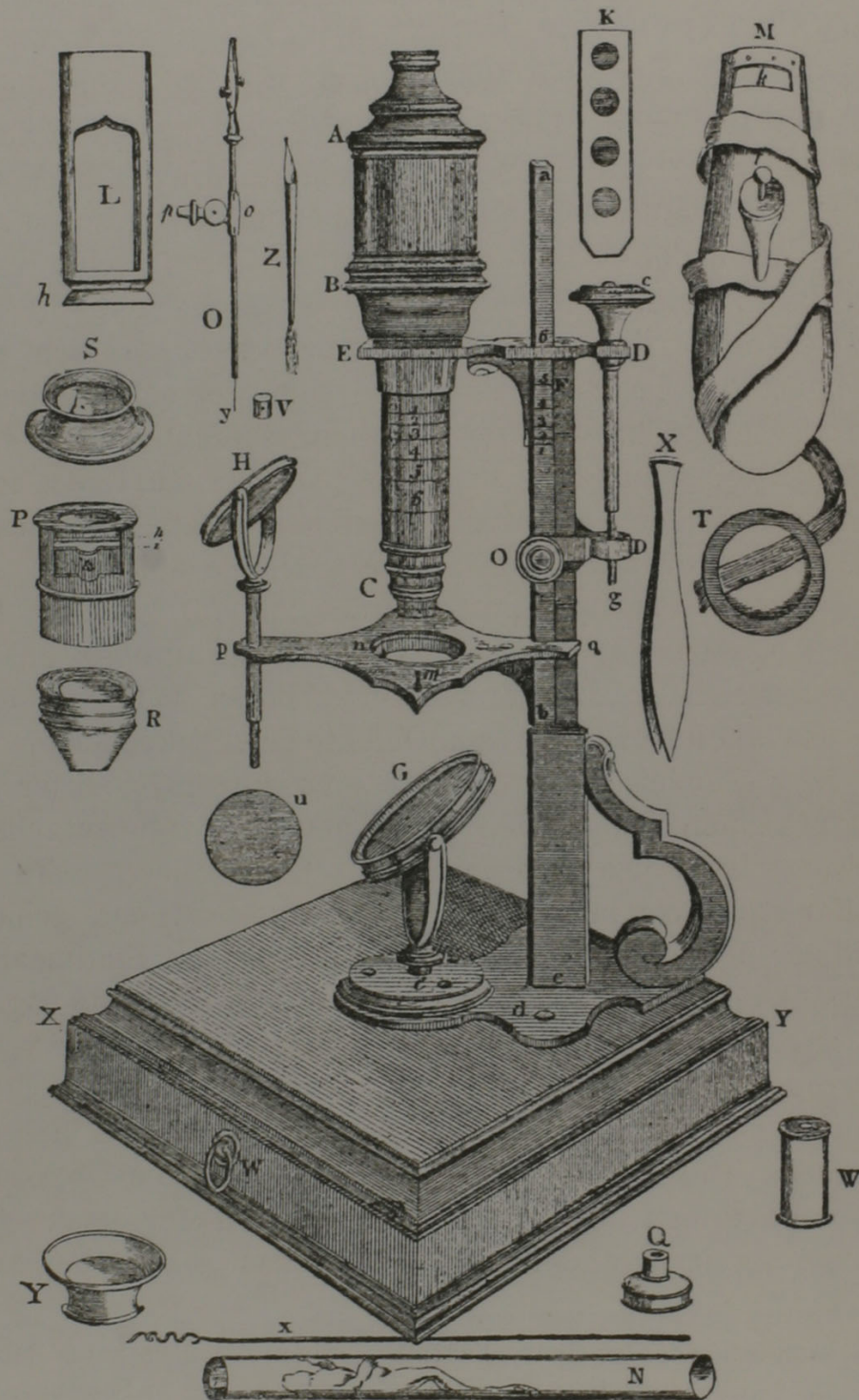


Fig. 138. Mikroskop von Cuff-Baker, 1744.

stellte es sich heraus, dass auch dieser Weg ein Irrweg war. Einen besseren Einfluss auf den Fortschritt des zusammengesetzten Mikroskopes hatte die stärkere Ingebrauchnahme des Sonnenmikroskopes mit seinen stupenden Vergrößerungen. Jedenfalls nahm die

Zahl der Mikroskopverfertiger seit der Anregung Lieberkühn's¹⁾ (1738) enorm zu. Adams schreibt: Every optician now exercised his talents in improving, as he called it, the microscope; in other words, in varying its construction, and rendering it different from that, sold by his neighbour; eine zwar harte aber gewiss richtige Bemerkung.

Das im vorigen Kapitel beschriebene Mikroskop von Culpeper und Scarlet litt, trotz der Verbesserung durch den Spiegel, im Vergleich zu dem Marshall'schen an einigen Unvollkommenheiten; Baker²⁾ rügt deren drei, die ihm bei seinen mikroskopischen Arbeiten des Jahres 1743 besonders unbequem gewesen seien: erstens hinderten die drei Stativpfeiler die freie Beweglichkeit der Objektträger, zweitens erschwerte die oft ruckweise vor sich gehende Gleitbewegung des Tubus in der Hülse eine feine Einstellung, und drittens war das Mikroskop für auffallendes Licht nicht recht ausreichend. Baker veranlasste daher den Optiker Cuff, das späterhin unter dem Namen „new constructed double (reflecting) microscope“³⁾ weit bekannt gewordene, in Fig. 138 abgebildete Mikroskop zu konstruieren, welches 1744 patentirt wurde und für welches Folkes 1744 nach Angaben von Cuff ein Okularmikrometer aus Silberdrahtgitter verfertigte. Die drei Bikonkavlinsen befanden sich bei A, B, C; den sechs beigegebenen Objektiven entsprechen die Marken an dem feststehenden Stativtheil a b und (in umgekehrter Reihenfolge) am schmalen Tubusende. Der Tubus ist frei aufgehängt in dem Kreisausschnitt des Horizontalarmes E D. Dieser wird behufs grober Einstellung mit der Hand so eingestellt, dass seine Oberkante mit der der Objektivennummer entsprechenden Stativmarke abschneidet. Die Gleitbewegung geschieht unter Führung der Gleitstange F, deren untere Hälfte sich in den hohlen Vierkant e versenken lässt. Darum wurde die Stellung durch Anziehen der Schraube O gesichert und nun die feine Einstellung mittels der Schraube C vorgenommen. Die Marken am Tubus gelten für die Oberkante der Hülse L, welche den bekannten Hohlspiegel h für opake Objekte trägt. P ist der in den Objektisch einzusetzende Schieberhalter etc.

¹⁾ Bekanntlich war das Sonnenmikroskop schon im siebzehnten Jahrhundert bekannt; Lieberkühn brachte seinen Gebrauch aber wieder in Schwung. Baker und ihm nachbetende spätere Autoren geben an, Lieberkühn habe das Sonnenmikroskop erst erfunden.

²⁾ Baker, *Employment for the microscope*, 2. ed. London, 1764; (1. Ausgabe 1753) p. 422 u. f.

³⁾ Die Abbildungstafel l. c. trägt die Unterschrift: A new constructed Double Microscope, as made & sold by the Inventor John Cuff in Fleetstreet London Published according to Act of Parliament September 20th. 1744.

Nach Adams¹⁾ gab es diese Mikroskope auch mit einem Gelenk bei e zum Umlegen. Auf der Unterseite des Objektisches p q konnte auch eine Blendenscheibe angebracht werden.

Zur gleichen Zeit mit Cuff zeichnete sich in England Benjamin Martin sowohl durch die Anfertigung mehrerer neuer Mikroskope als auch durch die Veröffentlichung zahlreicher damit angestellter Beobachtungen aus. Der Raum lässt die Aufzählung und Beschreibung seiner zahlreichen „Erfindungen“ auf unserem Gebiete nicht zu, obschon fast jedes Instrument etwas Neues brachte. Ich muss mich auf das Wichtigste einschränken. Figur 139 zeigt sein „Pocket Reflecting Microscope“ vom Jahre 1742²⁾, dessen Typus in zahlreichen späteren Mikroskopen bis auf die Neuzeit wiederkehrt. Dies „Taschen“mikroskop hat die respektable Grösse von etwa 27 cm bei einer Breite von 6 cm. Der Fuss und die typische, vorn mit weitem Ausschnitt versehene Stativhülse waren aus besonderem Material (Messing), die Hülse mit Chagrinleder oder Fischhaut überzogen.

Auch dies Mikroskop war mit drei Linsen ausgestattet: einem bikonvexen Okular, einem plankonvexen oder bikonvexen Kollektiv und einem bikonvexen Objektiv. Das Objekt kam auf ein Planglas (O) im Fusstheil des Mikroskops. Darunter befand sich noch ein Spiegel für durchfallendes Licht (in der Figur nicht sichtbar). Das bei X vorn sichtbare mit Zeiger versehene Zifferblatt gehört zu einer eigenartigen Mikrometereinrichtung, über die an anderer Stelle Angaben folgen. Martin verfertigte zur gleichen Zeit mit diesem Instrumente auch das „Universalmikroskop“, welches aus Fusskasten, Stativsäule mit Horizontalarm, Gleithülse und Mikroskopkörper bestand. Der Horizontalarm war auf der Spitze der Stativsäule mittels Kugelgelenk nach allen Richtungen verstellbar angebracht. Der Objektisch bestand aus einem um die Stativsäule drehbaren Kreisquadranten von Messing. Den Instrumenten wurden zwei oder drei verschiedene Objektive beigegeben. Im Jahre 1759 gab Martin ein

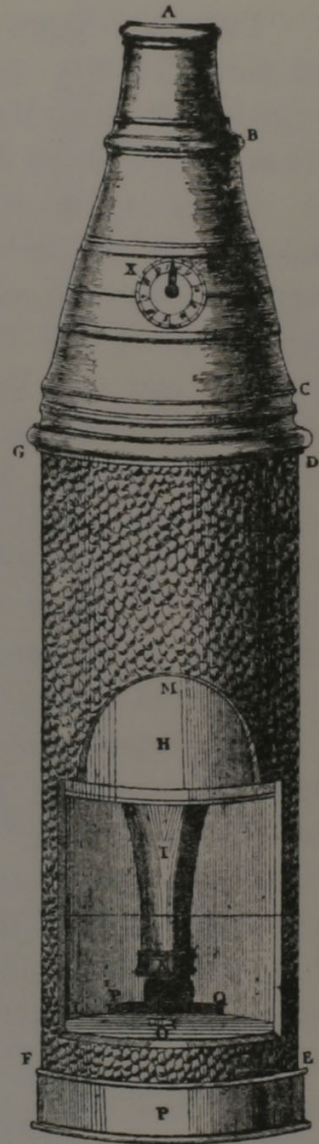


Fig. 139. Mikroskop von Martin, 1742.

¹⁾ Adams, essays on the microscope, 2. ed. 1798, p. 90.

²⁾ Martin, Micrographia nova etc. (vid. Lit. Verz.) Reading, 1742.

neues Universalmikroskop in Vertrieb,¹⁾ das 1776 verbessert wurde. Nach dem Typus dieses Instrumentes sind später viele andere Mikroskope gebaut worden, deshalb habe ich in Fig. 140 eine Skizze reproduziert. Auf dem flachen Dreifuss (Greifenklau) erhebt sich, umlegbar im Fussgelenk p, die aus drei ineinander verschiebbaren Röhren bestehende Stativsäule. Zur groben Einstellung wird d in b mit der Hand verschoben; die feine Einstellung bewirkt durch Drehen am Trieb c die

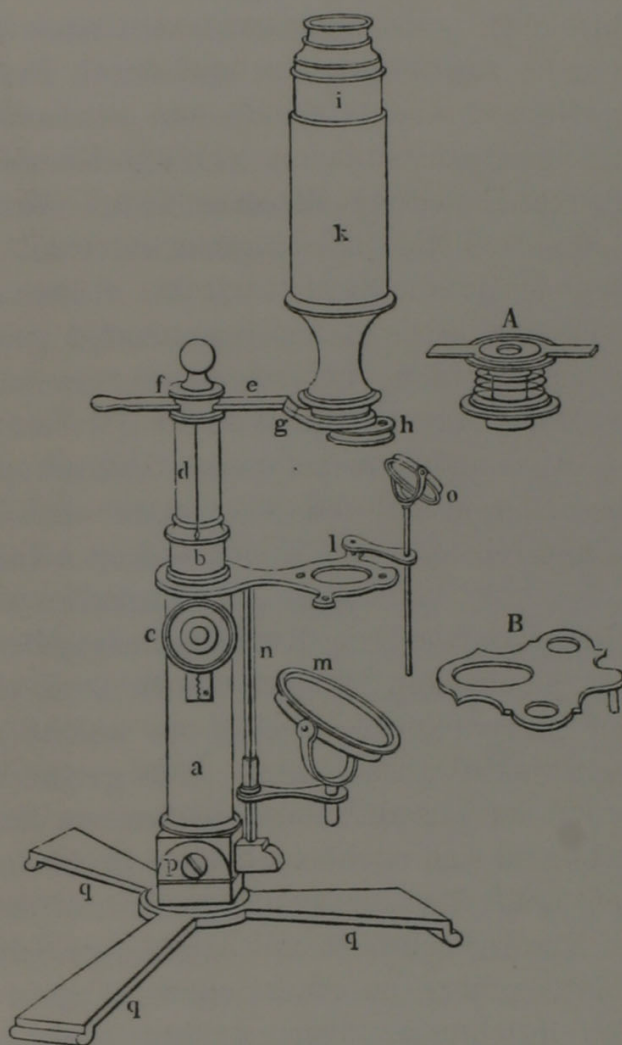


Fig. 140. Neues Universalmikroskop von Martin, 1776.

durch Zahnstange vermittelte Gleitung von b in a; ausserdem ist der Horizontalarm bei f verschiebbar. Die Auswechselung der Objektive erfolgt entweder durch jedesmaliges Anschrauben des betreffenden Röhrchens oder durch Drehen der Scheibe h, in welcher der ganze Satz von sechs Linsen untergebracht werden kann. Dies Prinzip der

¹⁾ Erste Beschreibung davon *Philosophia britannica* 1759, III. p. 400; Beschreibung des verbesserten: *Description of a New Universal Microscope*, London 1776.

Objektwechsler ist mutatis mutandis in Einrichtungen bis auf die Neuzeit noch zu erkennen.¹⁾

Das Mikroskoprohr wurde bei g auf den Horizontalarm aufgeschraubt. Es enthielt ein Okular aus zwei mit den Konvexitäten einander zugekehrten Plankonvexen und eine dritte Plankonvexlinse zwischen diesem Doublet und dem Objektiv. Eine fünfte Linse konnte noch dazu eingeschaltet werden. Nach Harting lieferte das Instrument in maximo eine 220fache Vergrösserung, aber keine scharfen Bilder. Dies war jedoch der Fall, wenn das Instrument nach Wegnahme des zusammengesetzten Mikroskoprohres und durch Einschrauben der beigegebenen Linsen an dessen Stelle in ein einfaches Mikroskop verwandelt wurde²⁾. Ueberhaupt waren derartige Kombinationen unter dem Namen „Universalmikroskop“ damals Mode. Ausser den bereits genannten erwähne ich noch das *microscopium universale* von Steiner,³⁾ der durch Hinzufügung eines Okularrohres das früher erwähnte einfache Mikroskop Wilsons zum zusammengesetzten gestaltete (1756).

Von den hervorragenden Mikroskopverfertign Englands aus jener Zeit sind zunächst die beiden Adams (Vater und Sohn) zu erwähnen, welche dem zusammengesetzten Mikroskop verschiedene neue Gestaltungen gaben, dabei Verbesserungen auch typischer und bleibender Art anbrachten. Das älteste Mikroskop Adams⁴⁾ von 1776 giebt Fig. 141 wieder. In die Augen fällt besonders die eigenthümliche Vorrichtung zum Auswechseln der sechs beigegebenen Objektive,

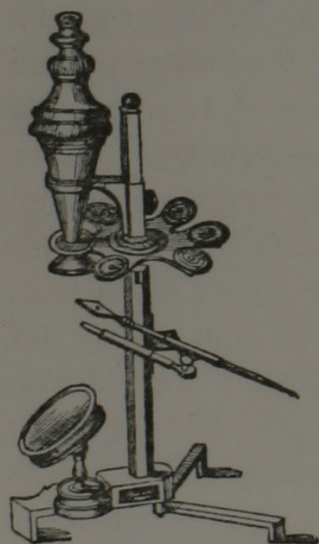


Fig. 141.
Mikroskop von Adams, 1776.

bestehend in einer um die Stativsäule drehbaren Revolverscheibe, an welche die Linsen angeschraubt waren. Die grobe Einstellung erfolgte durch Verschieben am Stativ und Feststellen vermittelt einer Fixirschraube. Für die feinere Einstellung diente eine unten am Fusse des Stativs zugängige Schraube, ein bis in die Neuzeit benutzter Typus. Dies Instrument hatte keinen Objektisch, sondern die zu beobachtenden kleinen Gegenstände wurden in ihrer zweckdienlichen Lage durch Klammern, Pinzetten, Täfelchen etc. festgehalten. Nach Harting gaben die Adams'schen Mikroskope hellere und schärfere Bilder als die Martin-

¹⁾ 1740 kostete das Taschenmikroskop, Fig. 139, 1 l., ohne Mikrometer 10 s. 6 d.; 1742 waren die Preise: (erstes) Universalmikroskop (s. Text) 2 l. 12 s. 6 d., grösseres Taschenmikroskop 1 l. 1 s.; das grosse Mikroskop, Fig. 140, 5 l. 5 s.

²⁾ Vgl. das von Gleichen-Russwurm'sche Universale, Fig. 131.

³⁾ Steiner, Anhang zu seiner Uebersetzung Bakers the microscope made easy (das zum Gebrauch leicht gemachte Mikroskopium etc.), Zürich 1756.

⁴⁾ Adams, *micrographia illustrata*, London 1746 und 1781.

schen, boten aber ein kleineres Gesichtsfeld. Besonders berühmt waren die Apparate zur Erzeugung und Projektion mikroskopischer Bilder, welche aus den Werkstätten der Adams hervorgingen. Diese Apparate boten wesentliche Verbesserungen im mechanischen Theil gegenüber den Leistungen früherer. Ich komme auf die Bildmikroskope an anderer Stelle zurück¹⁾. Hier verdienen sie nur insofern der Erwähnung, als ihre Erfinder sie auch für die gewöhnliche mikroskopische Beobachtung anstatt der üblichen Mikroskope anwandten und empfahlen. Adams verfertigte auch ein grosses zum Umlegen eingerichtetes Universal-Mikroskop, welches dem Mikroskop von Jones, Fig. 142, ähnlich war, aber die wundersame Einrichtung besass, dass die zum Umlegen bestimmte Stativstange an der Peripherie eines grossen Zahnrades befestigt war und mit diesem Rade um dessen Achse sich drehen liess.²⁾ Ein kleines Taschenmikroskop von Adams, welches van Heurck besitzt und von ihm ein petit bijou genannt wird, ist sammt sechs Objektiven und zahlreichen sonstigen Nebenapparaten in einem 18 cm langen, 10 cm breiten und $4\frac{1}{2}$ cm hohen Kästchen untergebracht. Es hat die Schraube zur feinen Einstellung, wie viele der neueren Mikroskope, aber an dem Kopf der Stativsäule. Zu dem Typus der englischen Mikroskope von Martin und Adams gehören auch die etwa gleichzeitig verfertigten Instrumente von Jones, nur war deren Umlagevorrichtung, aus Fig. 142 ersichtlich, anders und zweckmässiger. Das hier abgebildete Instrument wird von Adams bezw. in der zweiten Auflage seines Werkes von Kanmacher 1798 als das most improved compound microscope, being universal in its uses, and forming the single, compound, opaque and aquatic microscope beschrieben. Ausser der Umlegevorrichtung war auch der Beleuchtungsapparat gegen frühere Instrumente verbessert, und zwar durch Einschaltung einer verstellbaren Beleuchtungslinse zwischen Spiegel und Objektisch. Für Kerzenlicht wurde diese Linse zur Seite gedreht und dafür der Condensor L eingeschraubt in den ringförmigen Halter a bei J von unten her an den Objektisch befestigt. Auch der Blendungskegel g wurde vermittelst dieser Vorrichtung benutzt. Die sechs Objektivlinsen kamen in den Revolverwechsler p. Noch eine siebente Objektivlinse von ganz geringer Brennweite ($\frac{1}{30}$ bis $\frac{1}{40}$ Zoll) y, war beigegeben. Zu ihrer Benutzung musste der Revolver entfernt werden. Die Einstellvorkehrungen sind ohne Weiteres an der Figur erkennt-

¹⁾ Dies ganze Gebiet einschliesslich der Mikrophotographie ist zu umfangreich für den Rahmen des vorliegenden Werkes und daher der Gegenstand einer Sonderarbeit geworden.

²⁾ Vgl. die Abbildung dieses von v. Heurck microscope variable genannten Instrumentes in van Heurck, le microscope, p. 299, Fig. 222.

lich. Die zahlreichen damals üblichen mitabgebildeten Nebenapparate bedürfen wohl auch keiner Beschreibung.

Die letzterwähnten Instrumente sind alle dem Cuff'schen Typus nachgebildet. Auch in Deutschland fand derselbe Eingang. So sind

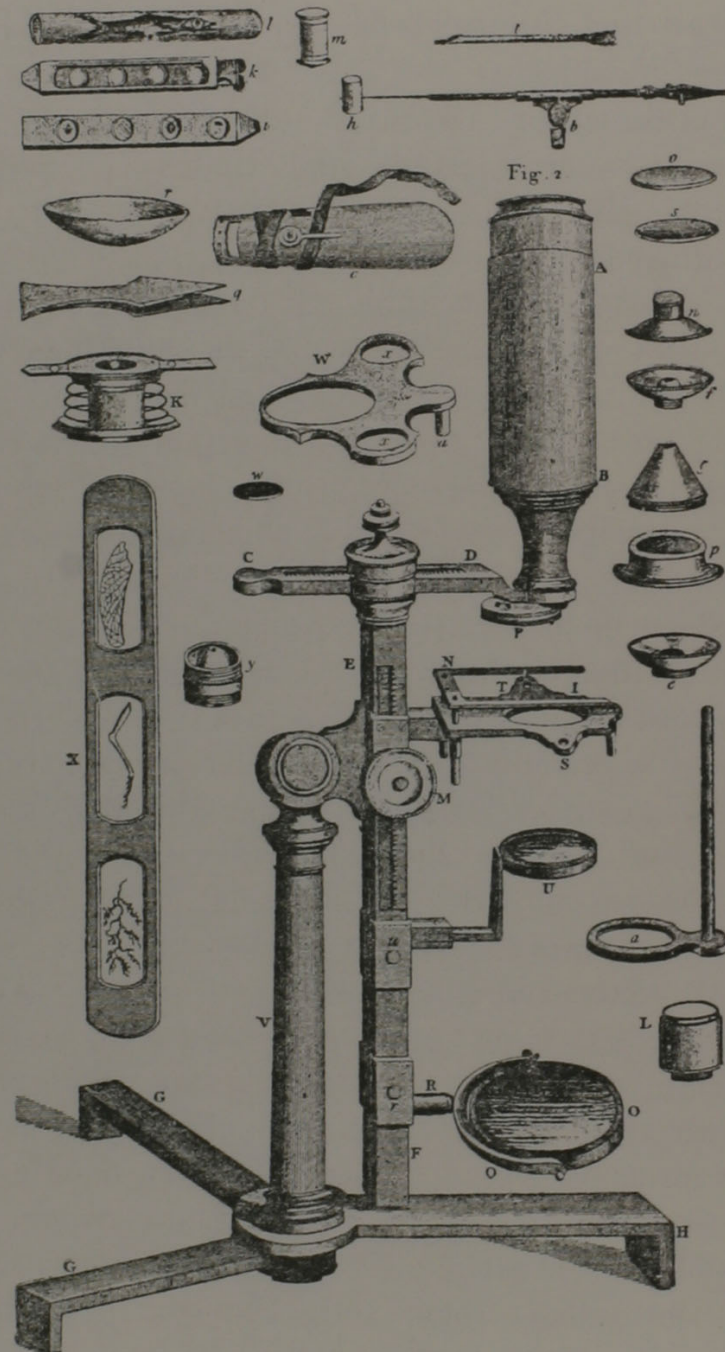


Fig. 142.
Das „am meisten verbesserte“ (Most improved) Universalmikroskop von Jones um 1798.

z. B. um jene Zeit in Berlin von Ring und Vennebruch ähnliche Mikroskope verfertigt worden, die in der Klügel'schen Uebersetzung des Werkes von Priestley (Geschichte der Optik) 1776 als sehr einfach und gut gerühmt werden. Auch in Leipzig von Hofmann und von Reinthaler wurden ähnliche Mikroskope verfertigt. Letzterer bewirkte die Einstellung durch Zahn und Trieb, ersterer brachte die

Objektivlinsen in kleinen Röhrchen an. Brander in Nürnberg verbesserte den Objektisch, indem er an Stelle des altmodischen für die „Schieber“ konstruirten federnden Mechanismus nach Wilson eine hufeisenförmige Platte einführte, zwischen welcher und dem Objektisch die Objektträger eingeschoben wurden. In Holland machten Dollond und in Frankreich der Duc de Chaulness (1768) ähnliche Mikroskope.

Alle diese Mikroskope weisen eine hohe Entwicklung des Stativs, einschliesslich der Einstell- und Umlege-Vorrichtungen auf. Sie sind sämmtlich aus dauerhaftem Material hergestellt, aus Messing und Eisen, und haben die noch in der ersten Hälfte des Jahrhunderts überwiegenden Instrumente aus Holz und Pappe so ziemlich verdrängt. Die Mikroskope liessen an Eleganz nichts zu wünschen übrig. Vom optischen Theil war auch der Beleuchtungsapparat zu grosser Vollkommenheit gediehen. Der Spiegel (Plan und Konvex) hatte sich sicher eingebürgert, die Beleuchtungslinse und der verstellbare Kondensor war eingeführt. Auch an Blenden fehlte es nicht, sowohl in Scheiben- als auch in Kegel- und in Cylinderform. Besondere Sorgfalt widmete man in pietätvoller Anhänglichkeit an Früheres den Beleuchtungsvorrichtungen für opake Gegenstände. Der Leeuwenhoek-Lieberkühn'sche Spiegel, bei Adams besondere Hohlspiegel, ferner zahlreiche Konvexlinseneinrichtungen zeugen für diese Bestrebung, die in gewisser Beziehung zum Schaden der Sache in unserem Jahrhundert wieder vernachlässigt wird. Die Instrumente waren ferner meist so eingerichtet, dass sie je nach Bedürfniss als einfache oder zusammengesetzte Mikroskope benutzt und mit verschiedenen Objektiven kombinirt werden konnten. Als einfache Mikroskope standen ihnen die stark vergrössernden „Glaskügelchen“ oder auch winzige, geschliffene Einzellinsen zur Verfügung. Für die Röhren der zusammengesetzten Kombination dienten verschiedene Okulare, mit oder ohne Zwischenlinsen, positive oder negative, und als Objektive wurden Linsen oder auch Linsensysteme verwendet, deren Leistungen hinsichtlich der Vergrösserung noch sehr im Rückstand waren. Die schon früher aufgetretenen Bestrebungen, hier Wandel und Besserung zu schaffen, hatten zu keinem Erfolg geführt, und die Entwicklung des zusammengesetzten Mikroskopes war ins Stocken gerathen. Eine bessere Zukunft voll Verheissungen dämmerte erst in dieses Dunkel hinein, als man versuchte, die bei den Fernrohren eingeführten Kombinationen von Linsen aus verschiedenen Glassorten — Kron und Flint — auch in die Technik des Mikroskopbaues einzuführen. Der Wichtigkeit des Gegenstandes entspricht ein wenigstens kurz bemessenes Eingehen auf den geschichtlichen Entwicklungsgang.

Wie wiederholt hervorgehoben, waren die theoretischen Grundlagen der Optik sowohl für das Fernrohr als auch für das Mikroskop (einfaches und zusammengesetztes) schon am Ende des siebzehnten Jahrhunderts in breiter Ausdehnung vorhanden. Die scharfsinnigen Ausführungen Huyghens über die Natur des Lichtes und den Gang der Strahlen bei Reflexion und Brechung in Medien mit gekrümmten Oberflächen¹⁾ und deren Anwendungen auf Fernrohr und Mikroskop, ferner die Abhandlungen Newton's²⁾ über denselben Gegenstand hatten nicht nur die optischen Fehler beider so eng verwandter Instrumente klar aufgedeckt, sondern es waren auch die Mittel zur Abhilfe zum Theil erkannt und angegeben worden. In der That hatte Newton³⁾ das Prinzip der Achromasie, die Kombination von Medien mit verschiedenem Farbenzerstreuungsvermögen, richtig erkannt, und damit, wie Molyneux 1690 prophetisch rühmt, „der Nachwelt einen Grundstein gelegt, worauf sie ein unübersehbares Gebäude errichten kann.“ Das Gebäude ist inzwischen wirklich errichtet worden, allerdings etwas langsamer als bei der Grundsteinlegung vielleicht erwartet wurde.

Dass Newton trotz seiner theoretischen Erkenntniss die Achromasie für praktisch undurchführbar hielt, lag an einem Versuchsfehler. Er

¹⁾ C. H. D. Z. (Huyghens), traité de la lumière etc. (vid. Lit. Verz.) Leyden, 1690; geschrieben wurde der Traktat schon 1678, nur die Veröffentlichung verschoben. Der Autor schliesst seine Vorrede mit dem Satz: Enfin il reste bien plus à chercher touchant la nature de la lumière, que je ne présens d'en avoir decouvert, et je devray beaucoup de retour à celui qui pourra suppléer à ce qui me manque icy de connoissance.

²⁾ Newton, optice; 3 Bücher, lateinische Ausgabe von Clarke, 1740 (vid. Lit. Verz.). Der Verfasser giebt u. A. eine ausführliche Theorie über die beim Gebrauche der Linsen auftretenden Erscheinungen, insbesondere der Farbenringe etc. Speziell über das Mikroskop mit schematischen Darstellungen S. 12; dabei wird auch der Anwendung mehrerer Linsen gedacht: quod si objectum per bina plurave hujusmodi vitra convexa aut concava inspectum fuerit, unumquodque vitrum novam imaginem effinget; objectum eo in loco eaque magnitudine videbitur, quae erant ultimae imaginis locus atque magnitudo. Ex hac observatione pendet tota microscopiorum telescopiorumque theoriae explicatio. Etenim in hoc fere posita est ea universa theoria, ut exponatur talium vitrorum conficiendorum ratio, quae ultimam objecti imaginem tam distinctam tamque magnam tamque luminosam repraesentent, quam possit commode exhiberi. „Wenn das Objekt durch zwei oder mehr derartige Konvex- oder Konkavgläser betrachtet wird, dann wird jedes Glas ein neues Bild erzeugen; das Bild des Objektes erscheint an der Stelle und in der Vergrösserung, welche dem Ort des letzten Bildes und dessen Grösse entspricht. Von dieser Erwägung hängt die ganze Theorie der Mikroskope und Fernrohre ab. Es kommt nämlich nur darauf an, darzuthun, auf welche Weise man solche Gläser herstellen kann, die das letzte Bild des Objektes so deutlich, so gross und so hell erscheinen lassen, als dies überhaupt geleistet werden kann.“

³⁾ id. Principia mathematica philosophiae naturalis, Lib. I Schol. ad Prop. XCVIII.

hatte zwischen zwei Konkavgläser Wasser gebracht, um so Medien von verschiedenem Brechungs- und Farbenzerstreuungvermögen zu kombinieren, aber in diesem Wasser essigsäures Blei aufgelöst, wodurch beide Vermögen dem des Glases sich näherten, der Unterschied also wegfiel. Selbst Euler, der um 1747 die Versuche nachmachte und die gleichen negativen Ergebnisse bekam, verzeifelte an der Praxis der Achromasie, und spann den schon viel früher von Sturm, Zahn,

Conradi (siehe oben) in die Praxis des Mikroskopes übertragenen Gedanken theoretisch weiter aus, durch Kombination verschiedener Linsen aus demselben Glase die optischen Fehler der Instrumente möglichst zu beseitigen. Erst später, als die Praxis der Dollond'schen Fernrohre ihn eines Besseren belehrte, verbesserte er auch seine Theorie, und bewies nun, dass die Achromasie sich auch durchführen liess. Inzwischen hatte er die Vorschriften und Berechnungen für ein Mikroskop von sechs Linsen edirt¹⁾, welches für Vergrösserungen bis zu 4000mal berechnet war, aber wohl niemals konstruiert worden ist, trotzdem ein Bericht, der französischen Akademie erstattet, behauptet, das jetzt zu erwähnende Mikroskop des Dellebarre in Leyden sei nach Euler's Angabe gefertigt. Dies seiner Zeit vielgerühmte Mikroskop, von dem Fig. 143 eine Skizze ist²⁾, besass ein Okular von vier oder gar sechs Bikonvexlinsen, die paarweise angeordnet waren und aus je einer Flintglas- und einer Kronglaslinse bestanden. Diese

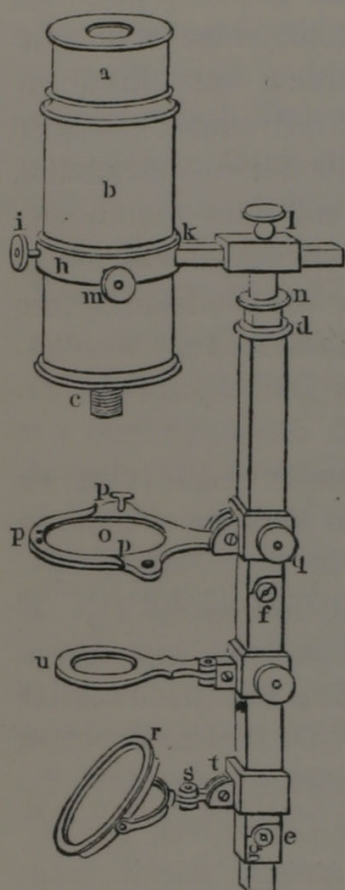


Fig. 143. Mikroskop von Dellebarre um 1760.

Linsenpaare, deren Linsen in geringen Abständen von einander verbunden waren, konnten verschiedene untereinander und mit den drei zum Instrument gehörigen Objekten kombiniert werden. Eine dritte Variationsmöglichkeit bot der verschieden weit ausgezogene Tubus. Mithin war die Zahl der zu erzielenden Vergrösserungen eine erstaunliche. Da die stärksten Objektive eine viel geringere Brennweite hatten, als bei den zeitgenössischen Mikroskopen allgemein üblich, konnte man mit diesem Mikroskop auch bedeutend

¹⁾ Euler, de novo microscopiorum genere ex sex lentibus composito, Novi Commentarii Academ. Petropolit. 1768 XII p. 195.

²⁾ Die runde, von drei Füßen gestützte Fussplatte, von der sich die Stativsäule erhebt, ist fortgelassen.

höhere Vergrößerungen hervorbringen. Harting hat ein solches Mikroskop¹⁾ auf seine Leistungen geprüft, und konstatiert, dass bei Benutzung der einen Objektivlinse von 2,5 mm Brennweite und 22° Apertur das mit allen vier Okularen versehene ausgezogene Instrument 1170 mal vergrößerte und das Gesichtsfeld 40 cm im Durchmesser weit war. Dellebarre behauptete, mit seinen Okularen aus den beiden verschiedenen Glassorten Achromasie erlangt zu haben, was aber keineswegs der Fall gewesen ist. An Stärke der Vergrößerung und Grösse des Gesichtsfeldes war sein Instrument allerdings überlegen. Nach van Heurck verzichtete er später auf die vielen Okulare, und begnügte sich mit einem einzigen Paar Linsen aus Kron- und Flintglas. Hinsichtlich der mechanischen Ausstattung des Instrumentes sei noch angegeben, dass die Stativsäule desselben zum Umlegen mit zwei Gelenken bei f und bei g versehen war. Ferner konnte der Horizontalarm um die Stativachse gedreht und somit die Frontlinse über den Objektisch bewegt werden. Das Lob, welches die französische Akademie dem Dellebarre'schen Mikroskop spendete — nach van Heurck verlieh das Athenäum der Künste zu Paris (am 22 floréal an XI) dem Erfinder sogar eine zu Antwerpen 1891 mit ausgestellt gewesene silberne Medaille — wurde von den Zeitgenossen vielfach nicht getheilt. In dem historischen Kapitel des vorerwähnten Werkes von Adams heisst es (p. 21): It does not appear from this, that it (the microscope) was superior in any respect to those that were made in England²⁾, but was inferior in others. Auch Harting bezeugt, dass die Dellebarre'schen Instrumente nicht das leisteten, was sie prätendierten, und dass die englischen Mikroskope, kombiniert mit den starken Objektiven Dellebarre's, gleich scharfe Bilder lieferten. Der Versuch, durch Kombination von Kron- und Flintglas-Linsen im Okular Achromasie hervorzubringen, war mithin, wie dies ja theoretisch im vorhinein feststand, als gescheitert zu erachten. Inzwischen nahte sich jedoch der Zeitpunkt, welcher auch für das zusammengesetzte Mikroskop die rettende That der Achromasie brachte und damit seinen Siegeszug gegenüber dem noch prädominirenden einfachen Mikroskop einleitete. Diesmal sollte das zusammengesetzte Mikroskop bei seinem Leihgang zum älteren Bruder, dem Fernrohr, nicht wieder wie früher mit der

¹⁾ Dasselbe besass zwei Okularlinsen-Paare und ein (fünftes) Zwischenglas; der Preis des Instruments war nach Harting 360 Frs.; vgl. auch die Beschreibung des Mikroskops von Dellebarre, *Mémoires sur les différences de la construction et des effets du Microscope*, 1777.

²⁾ Auch den damaligen „Made in Germany“-Mikroskopen z. B. des Samuel Gottlieb Hoffmann in Hannover (1772), des Joh. Heinr. Tiedemann in Stuttgart, sowie der Mikroskopverfertiger Junker und Weikert dürfte das Dellebarre'sche Instrument nicht überlegen gewesen sein.

Nachäffung der binokulären Einrichtung oder dem Ersatz der Objektivlinse durch den Spiegel auf einen Irrweg gerathen, der seine Entwicklung hemmte.

Die pessimistische Auffassung Newtons von der Unmöglichkeit einer Achromasie wurde schon 1722 von Chester More Hall, einem Edelmann aus der Grafschaft Essex, widerlegt, der 1733 wirklich ein achromatisches Objektiv aus Kron- und Flintglas für ein Fernrohr herstellte.¹⁾ Die wirkliche Einführung solcher achromatischen Objektive in die Praxis gelang bekanntlich erst vierundzwanzig Jahre später John Dollond, 1757.²⁾ Dieser Thatsache folgte dann auch die theoretische Sanktion durch Euler,³⁾ der die neue Theorie auf das Mikroskop ausdehnte und Anlass gab, dass Fuss, 1774, die Daten für ein achromatisches Mikroskop ausrechnete und bekannt machte.⁴⁾ Zunächst blieb es bei der Theorie. Die Uebertragung in die Praxis geschah erst zehn Jahre später, 1784, durch den russischen wirklichen Staatsrath und Ritter Aepinus, der, allerdings von ganz anderen Gesichtspunkten als Euler geleitet, der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Petersburg das erste zusammengesetzte Mikroskop mit achromatischem Objektiv vorlegte durch Begleitbrief vom 20. März, vorgelesen am 8. April des Jahres.⁵⁾ Dies Mikroskop glich seinem Bruderinstrument, dem Fernrohr, gar sehr. Es war 3 Fuss engl. lang, zum Ausziehen eingerichtet. Das Objektiv hatte eine Oeffnung von beinahe einem Zoll, eine Brennweite von sieben Zoll. Die Vergrößerung betrug nur 60 bis 70 mal. Demnach war das Objektiv ein wirkliches Fernrohrobjektiv, und das ganze Instrument der Klasse jener Apparate zugehörig, die man polydynamische Mikroskope oder Megaloskope nannte. Aepinus schreibt allerdings in jenem Brief, dass man ganz gut solche grossen Mikroskope gebrauchen könne; wenn sie nicht gerade wie die Riesenfernrohre gestaltet seien, stände ihrer Verwendung eigentlich nichts im Wege. Er hatte aber mit der Einführung seines neuen Instrumentes kein Glück. Adams kannte es auch. Seine Erwähnung klingt aber ironisch und er vergleicht es mit jenem ältesten

¹⁾ Gentleman's Magazine, Oct. 1790; Philosophical Magazine, Nov. 1798.

²⁾ Ueber seine Kenntniss der Hall'schen Erfindung vgl. Alexis Rochon, *mémoire sur les verres achromatiques*, mitgetheilt im *Floréal* des Jahres IX dem institut national (cit. nach Harting).

³⁾ Euler, *Dioptrica*. Petersburg 1771 — *Mémoires de l'academ. de Berlin* 1766 und 1767 — *Novi Comment. Academ. Petropolit.* XVIII.

⁴⁾ Nicol. Fuss, *Instruction détaillée pour porter les lunettes au plus haut degré de perfection, avec la description d'un microscope qui peut passer pour le plus parfait dans son espèce*. St. Petersbourg, 1774, mit Vorrede von Euler.

⁵⁾ Annonce d'un Microscope achromatique, d'une nouvelle construction, propre à voir les objets avec la lumière réfléchie de leur surface. *Nova acta academ. scient. imperial. Petropol.* tom. II. 1788, pag. 41 (s. Lit.-Verz.).

Mikroskop des Janssen, das ja auch eine „Anleihe“ vom Fernrohr war, und bezeichnet beide als „rather a kind of microscopic telescope“. Gewiss trifft dies für des Aepinus neue Erfindung zu; Janssen's allerältestes Instrument war aber nur halbmal so lang und nicht, wie Adams noch (wie sein Landsmann Priestley) mit den falschen Uebersetzern des Borellus wähnte, „six feet long“ (ad sesqui pedem longus, vgl. oben Kap. 2). Uebrigens findet sich bei Adams l. c. die Beschreibung und Abbildung eines anderen zusammengesetzten Mikroskopes, welches direkt aus einem Teleskop durch Abschrauben und Einsetzen von Linsen hergestellt werden sollte. Solche mikroskopischen Teleskope waren damals durchaus zeitgemäss. Sie leisteten aber nur ganz schwache Vergrösserungen und nützten daher der Weiterentwicklung des zusammengesetzten Mikroskopes nichts. Und doch war der Weg zum endlichen Ziele eingeschlagen. Woran der Scharfsinn eines Newton verzweifelte, was die nachhinkende Professorentheorie Eulers nicht ins Leben zu rufen vermochte, was in der schwerfälligen Hand des russischen Staatsrathes Aepinus nur als ein zum wirklichen Leben unfähiger Koloss sich gestaltet hatte, das glückte dem mechanischen Talent eines holländischen Amateurs, dem Kavallerieobersten François Beeldsnyder, 1791. Harting fand in einem Auktionsnachlass ein solches achromatisches Objektiv Beeldsnyder's. Dasselbe bestand aus zwei Bikonvexlinsen aus Kronglas von 22 und 19 mm Brennweite, die eine Bikonkavlinse aus Flintglas zwischen sich schlossen. Das System hatte eine Gesamtbrennweite von 21 mm, bei einer Dicke von nicht ganz 4 mm einem Durchmesser von 6,5 mm. Die Linsen waren gut geschliffen und sorgfältig centrirt und lieferten in einem Amici'schen Mikroskope so gute Bilder, dass Harting ihre Leistung mit derjenigen in Parallele stellt, die eine 1824 von Tulley gefertigte achromatische Objektivlinse von grösserer Apertur aufweist.

Der Bann, welcher zwei Jahrhunderte lang auf dem zusammengesetzten Mikroskop gelegen, war gebrochen. Das neue Jahrhundert, unser Jahrhundert, konnte auf dem gegebenen Fundamente mit sicheren Erfolgen weiter bauen.

Elftes Kapitel.

Das zusammengesetzte Mikroskop im neunzehnten Jahrhundert.

(Erste Hälfte.)

Die Erfindung des Amsterdamer Reiterobristen Beeldsnyder, mit welcher das vorige Kapitel schliesst, wäre gewiss im Stande gewesen, für die Weiterentwicklung des zusammengesetzten Mikroskopes epochemachend zu werden. Die historische Gerechtigkeit er-

kennt auch dankbar an, dass die „Priorität“ in der Herstellung kleiner, achromatischer Mikroskopobjektive François Beeldsnyder zusteht. Leider aber kam die Erfindung damals ebensowenig zur Geltung wie ihr Vorläufer, die Benutzung von eigentlichen Fernrohrachromaten zur Konstruktion von „Megaloskopen“ à la Aepinus. Die Mikroskope des russischen Staatsrathes wurden an der für diesen Zweck günstigsten Stelle des Landes, vor der Petersburger Akademie bekannt gegeben. Der Amateurmikroskopiker in Amsterdam wird seine Liebhaberei kleineren und weniger bedeutsamen Kreisen vorgelegt haben. Und doch hatten beide an sich so wichtigen, gleichartigen Erfindungen das gleiche Schicksal, alsbald in Vergessenheit zu gerathen, oder wenigstens nicht durchzudringen bis zu wirklicher, lebendiger Gestaltung in der Praxis des Mikroskopbaues. Woran lag das? Wohl vornehmlich an dem Fehler, dass beide Instrumente im Vergleich zu den Leistungen des damals allgemein benutzten einfachen Mikroskopes zu schwache Vergrösserungen lieferten. Die Brennweiten dieser ersten achromatischen Mikroskopobjektive waren zu gross. Die Linse des Aepinus hatte einen Fokus von sieben Zoll; Oberst Beeldsnyder hatte die Feinheit schon bis auf 19 Millimeter gebracht. Das war aber noch viel zu grob im Vergleich mit den kleinen, geschliffenen Linsen von Brennweiten bis herab zu 2 oder $1\frac{1}{2}$ Millimeter, wie sie ohne Achromasie damals gang und gäbe waren. Aus dem stolzen Bau wäre nichts geworden ohne neuerdings erfolgende, weitere Arbeiten auf diesem Gebiete. Ums Jahr 1800 verfertigte Charles in Paris kleine, achromatische Linsen, die aber nach Chevalier recht unvollkommen waren, und keine Verbreitung gefunden zu haben scheinen. Erst den Optikern Jan und Herman van Deyl zu Amsterdam gelang die Konstruktion achromatischer Mikroskope, die zur allgemeinen Geltung kamen. Ob diese geschickten Arbeiter von der Erfindung ihres Mitbürgers Beeldsnyder Kenntniss hatten, habe ich nicht in Erfahrung gebracht. Nach Harting verfertigte der ältere van Deyl alsbald nach der Erfindung der achromatischen Fernrohre solche gleichfalls, und versuchte sich auch in der Anwendung des neuen Prinzips auf das Mikroskop mit Erfolg, indem er eine achromatische Linse von $\frac{3}{4}$ Zoll Brennweite zu Stande brachte. Erst nach seinem 1801 erfolgten Tode nahm der Sohn die liegen gebliebene Arbeit des Vaters wieder auf und brachte 1807 ein zusammengesetztes Mikroskop mit zwei achromatischen Objektivlinsen von 26 und 18 Millimeter Brennweite in Vertrieb, welche unter Zuhülfenahme stärkerer Okulare bei einer Vergrösserung bis zu 150mal helle und scharfe Bilder gaben.¹⁾ Van Deyl gelang

¹⁾ Natuurkundige Verhandelingen van de Koninglyke Maatschappy der Wetenschappen to Haarlem, Amsterdam 1807. III. S. 2.

es, in der Folge achromatische Objektive von noch kürzerer Brennweite herzustellen, wie dies ein im physikalischen Kabinet zu Utrecht befindliches Instrument beweist, dessen Habitus der Skizze Fig. 144 nach Harting entspricht. Die Objektive dieses Exemplars haben Brennweiten von 18 und 13 Millimeter, Aperturen von 14^0 und 15^0 . Sehr bemerkenswerth ist die Thatsache, dass diese Linsen nahezu plankonvex sind, die Planfläche nach unten gekehrt, während damals die Objektivlinsen noch allgemein bikonvex waren. Sie bestanden aus einer bikonvexen Kron- und einer plankonkaven Flintglaslinse; die Aussenfläche war sogar nach Harting ganz schwach konkav. Die Okulareinrichtung bestand aus zwei austauschbaren Bikonvexlinsen, zu denen das nämliche bikonvexe Kollektivglas gehörte. Die Konvexitäten der Linsen waren verschieden, die schwächere Krümmung dem Auge zugewandt. Vortheilhaft sticht die einfache, im Uebrigen dem Typus der Martin'schen und Jones'schen Instrumente sich anlehrende Form von den komplizirten „Universal“-Mikroskopen der damaligen Zeit ab. Die Einstellung durch Zahnstange und Trieb bewegte den Objektstisch. Das 16 cm lange Rohr konnte bis auf 18 cm ausgezogen werden. Die stärkste Vergrößerung bei ausgezogenem Tubus betrug 170mal für ein Gesichtsfeld von 160 mm Durchmesser. Dabei wurden nach Harting die Striche der ersten Gruppe der Nobert'schen Tafel deutlich aufgelöst, was die nicht achromatischen Linsen erst bei dreifach stärkerer Vergrößerung zu Wege bringen. Harting kombinierte die letzterwähnten beiden achromatischen Linsen van Deyl's auch zu einem Objektivsystem und erzielte so bei ausgezogenem Tubus eine Vergrößerung von 229mal, welche die dritte Liniengruppe Nobert's ganz, die vierte beinahe auflöste; die Kombination vertrug auch stärkere Okulare und gab bei 650maliger Vergrößerung noch recht helle Bilder, so dass sie den Vergleich mit Linsen von Amici vom Jahre 1835 aushielten. Leider scheint van Deyl diese Kombination, die so wesentlich für die Verbesserung der achromatischen Objektive geworden ist, nicht selber ausgeführt zu haben. Jedenfalls verdienen seine Leistungen hohes Lob.

Auch in Deutschland waren schon im ersten Jahrzehnt unseres

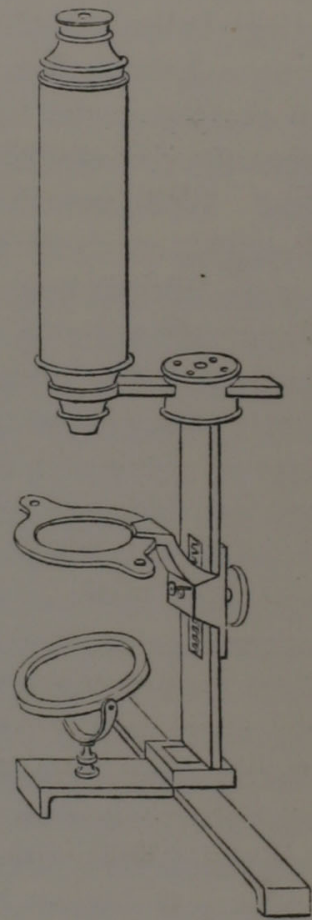


Fig. 144. Mikroskop mit achromatischen Objektiven des van Deyl, 1807.

Jahrhunderts die Versuche, achromatische Mikroskopobjektive herzustellen, von Erfolg gekrönt. An erster Stelle ist hier Fraunhofer in München zu nennen. Seine um 1810 angefertigten achromatischen Objektivlinsen waren an sich tadellos, aber viel zu schwach, um im Wettkampf mit den stärkeren nicht achromatischen Linsen obzusiegen. Die damaligen stärksten Objektive Fraunhofer's konnten Diamantstriche mit einem Abstand von $\frac{1}{714}$ Linie kaum mehr auflösen, während die vorerwähnten van Deyl'schen Linsen noch Linien von $\frac{1}{1000}$ Linien Abstand zu unterscheiden vermochten. Nach von Mohl¹⁾ war aber Fraunhofer, dem kein besser rathender, praktischer Mikroskopiker zur Seite stand, mit seinen Leistungen zufrieden, und so erfolgte denn der Anstoss zu dem nächsten Schritt in der Verbesserung des zusammengesetzten Mikroskopes wieder im Auslande. Da die Schwierigkeiten bei Anfertigung noch kleinerer achromatischer Linsen so leicht nicht zu überwinden waren, litten die achromatischen Objektivlinsen nicht nur Fraunhofer's, sondern auch die von Domet in Frankreich (Fokus 40 bis 50 mm), von Tulley in England (22 mm) und von Amici in Italien alle an demselben Mangel der geringen Vergrösserung. Und doch war der zu thuende Schritt längst vorgezeichnet. Wie anderthalb Jahrhunderte früher Sturm (s. oben) überraschende Erfolge durch Verbindung mehrerer kleiner Linsen, die stärkste dem Objekt zunächst, zu einem Objektivsystem erzielt hatte, so war dasselbe Verfahren jetzt mit den verbesserten achromatischen Linsen einzuschlagen. Es ist befremdend, dass man nicht alsbald daran dachte, sondern, wie Amici, eine Zeit lang sogar den ganzen Weg aufgab und in anderer Richtung (katadioptrisches Mikroskop) sein Glück versuchte. Erst im Jahre 1824 gab Selligue der Akademie zu Paris ein Mikroskop (Fig. 145) bekannt, welches nach seinen Angaben von Vincent und Charles Chevalier verfertigt und mit mehreren, durch Anschrauben mit einander verbindbaren achromatischen Objektiven ausgerüstet war. Das einzelne Objektiv bestand aus einer bikonvexen Kronglaslinse und einer plankonvexen Flintglaslinse. Das Paar hatte eine Brennweite von in minimo 37 mm.²⁾ Von der Technik van Deyl's, die Planseite gegen das Objekt zu richten, hatte Chevalier keine Kenntniss, daher waren seine Systeme zwar besser als die Einzelachromaten der Zeitgenossen, aber immer noch recht mangelhaft, weil sie die sphärische Aberration wenig korrigirten und daher mit starken, einen grossen Lichtverlust bedingenden Blenden benutzt werden mussten. Immerhin liessen seine Systeme die Leistungen der einfachen Linsen weit hinter sich, und es ist gewiss berechtigt,

¹⁾ Hugo von Mohl, Mikrographie, 1846, p. 66.

²⁾ Vgl. Bericht darüber von Fresnel, annales des sciences nat. 1824, p. 345 und Chevalier, die Mikroskope.

wenn man, wie Harting, das Jahr dieser „Erfindung“ des Selligue, die Herstellung der ersten achromatischen Objektivsysteme, zum Anfangsjahr einer neuen (der damals letzten) Epoche in der Entwicklungsgeschichte des zusammengesetzten Mikroskopes macht. Sind doch alle seitdem verfertigten Objektivsysteme auf das gleiche Prinzip zurückzuführen. Ferner war durch diese That der Konkurrenzkampf zwischen einfachem und zusammengesetztem Mikroskop mit einem Schlage zu Gunsten des letzteren entschieden. Das Selligue-Chevalier'sche Mikroskop, Fig. 145, besass mehrere auch sonst interessante Eigenthümlichkeiten. So wurde die Steigerung der Vergrößerung nicht nur durch Anwendung starker Okulare, Kombination sämtlicher Objektive zu dem vorerwähnten System und durch Ausziehen des Tubus erzielt, sondern auch durch Einschalten einer bikonkaven Zwischenlinse oberhalb des Objektivs, wodurch also der hintere Brennpunkt des Objektivsystems nach oben verschoben wurde. Bekanntlich war auch dieses Verfahren nicht mehr neu. Solche bikonkaven Zwischengläser waren schon früher, z. B. von Conradi um 1710, verwendet worden. Die Mikroskope Selligue's reichten bis zu einer 1200fachen Vergrößerung, aber schon bei 500fach musste man zur künstlichen Beleuchtung seine Zuflucht nehmen, da das diffuse

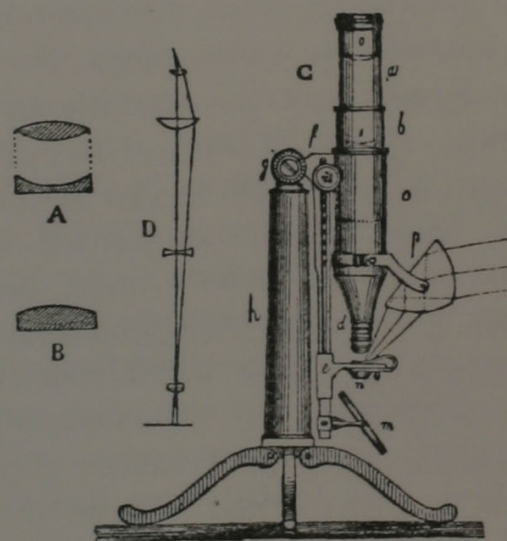


Fig. 145. Mikroskop von Selligue nach Chevalier, 1824.

Tageslicht nicht mehr ausreichte. Selligue führte auch die zuerst beim einfachen Mikroskop von Musschenbroek, 4. Kap. Fig. 26 erwähnte Blendungsscheibe mit verschiedenen grossen Oeffnungen wieder ein und brachte sie in der bekannten Weise unter dem Objektisch an. Nach van Heurck¹⁾ stammt die Idee, mehrere achromatische Linsen übereinander zu schrauben, also das erste achromatische mehrgliedrige System herzustellen, von Ch. Chevalier, der zusammen mit seinem Vater auch die Versuchs- und Herstellungskosten zu dem später als „Selligue'sches“ Mikroskop bekannt gewordenen Instrument getragen habe. Weil nun in dem Kommissionsbericht an die Akademie nicht einmal der Name der beiden Chevaliers genannt worden war, ver-

¹⁾ l. c. p. 302. Van Heurck theilt mit, dass die ursprünglichen Mikroskope von Selligue sehr selten seien; er kenne nur das eine Exemplar, von dem auch die Figur stammt.

öffentlichten sie 1825 eine Gegenbroschüre,¹⁾ in der sie wieder ein neues Mikroskop (fälschlich als nach Euler konstruirt bezeichnet) bekannt gaben, mit nur einer achromatischen Linse von 8 mm Fokus, 4 mm Durchmesser und 2 mm Dicke. Diese Linse ist, abgesehen von ihrer die bisherigen Leistungen übertrumpfenden Vergrößerungskraft auch deshalb bemerkenswerth, weil die Vereinigung ihrer Konstituenten, der Kron- und Flintglaslinse vermittelst Kanadabalsam erfolgte, welche Technik seitdem allgemein sich einbürgerte und einen nicht unerheblichen weiteren Fortschritt zur Vervollkommnung auch der Mikroskopobjektive bedeutet²⁾.

Die Idee, durch Kombination achromatischer Doppellinsen (Glieder) Objektivsysteme herzustellen, erwies sich als äusserst fruchtbar, und es ergriffen dieselbe binnen kürzester Frist zahlreiche Optiker, so dass die Verbesserung des optischen Theils unserer Mikroskope nun endlich erhebliche Fortschritte machte. Von französischen namhaften Firmen beschäftigten sich dabei der Reihe nach Vincent, Charles und Arthur Chevalier, ferner Oberhäuser; in Italien Amici, in Deutschland Merz, Plössl, Schieck. Zunächst sollen die von Amici³⁾ inaugurirten Verbesserungen erwähnt werden, weil dieselben in der That ganz hervorragende genannt zu werden verdienen und vielen Anderen zum Muster gedient haben. Wie erwähnt, hatte Amici nach den ersten Misserfolgen der achromatischen Mikroskopobjektive den Seitenweg der Verbesserung durch Konstruktion katadioptrischer Mikroskope eingeschlagen. Belehrt durch die Erfolge von Selligie und Chevalier kehrte er aber zum achromatischen Linsenobjektiv zurück, nahm die neue (alte!) Idee der Kombination mehrerer Glieder zu einem System auf, und so gelang es ihm schon 1827, ein neues achromatisches Mikroskop in Paris zu demonstrieren, dessen Objektiv aus drei mit der Planseite nach unten übereinandergeschraubten Doppellinsen von je 12 mm Brennweite bestand. Die dazu gehörigen Okulare, mit den Planflächen der Linsen nach oben gerichtet, gaben verschiedene Vergrößerungen. Oberhalb des Objektivsystems hatte er (dem von Newton schon 1772 beim Teleskop angewandten Prinzip folgend) ein rechtwinkeliges Glasprisma mit Total-

¹⁾ Vorgelegt der Société d'encouragement.

²⁾ Die Idee, für derartige Linsenverbindungen behufs Verbesserung der optischen Leistung und zur Vermeidung der Lichtverluste ein stärker brechendes Bindemittel zu benutzen, ist übrigens älter und zuerst bei den Fernröhren angewandt worden. Rochon that 1774 Wasser zwischen die Linsen, Grateloup 1788 Mastixfirniss, desgl. Putois für achromatische Fernrohrobjektive. Rochon benutzte statt dessen 1801 flüssigen Terpentin, und nach Quekett soll Lister 1829 dies gleichfalls für Mikroskoplinsen gethan haben, aus eigener Idee heraus.

³⁾ Amici, G. B., zuerst in Modena, später Professor und Direktor des Observatoriums in Florenz; gestorben 1862.

reflexion angebracht, um so das Mikroskoprohr in horizontaler Stellung benutzen zu können. Die Einstellung geschah durch Bewegung des Objektisches vermittelt Zahn und Trieb. Der Objektisch selbst konnte durch zwei mit Eintheilung am Kopf zu mikroskopischen Messungen eingerichteten Schrauben bewegt werden. Die beigelegten starken Okulare lieferten Vergrößerungen bis zu 7000; Preis 1500 Fcs.

Der geniale italienische Optiker war unermüdlich in der Verbesserung seiner Mikroskope, die besonders hinsichtlich ihres optischen Theils noch bis zur Mitte unseres Jahrhunderts zu den besten gehörten, die es überhaupt gab. Er kombinierte seine Objektivsysteme nach einem anderen, viel rationelleren Prinzip, als dies Selligie eingeführt und nach ihm Fraunhofer und Andere befolgt hatten. Bei Selligie waren nämlich die achromatischen Linsen des Satzes nicht nur übereinandergeschraubt, sondern auch einzeln für sich brauchbar; Amici verzichtete auf diesen nur scheinbaren Vortheil und konstruirte seine Systeme derart, dass die einzelnen Glieder (zwei bis vier) zwar starke Aberrationen aufwiesen, aber in bestimmt berechneter Weise zu einem untrennbaren Ganzen vereinigt wurden, in welchem die Aberrationen sich gegenseitig aufhoben. Die Fokaldistanz seiner Linsen war auch nicht gleich, wie bei Selligie, sondern nahm nach dem Objektende des Systems zu ab, so dass die stärkste Linse zu unterst kam. Ebenso sind unsere modernen Systeme gebaut. Die grossen Vortheile solcher Systeme erhellen aus nachstehender Ueberlegung. Die Achromasie der Einzelglieder wird bekanntlich durch die Verbindung einer bikonvexen Kronglaslinse mit einer entsprechend gekrümmten plan- oder bikonkaven Zerstreuungslinse aus Flintglas erzielt. Beim Fernrohrobjektiv mit weiter Oeffnung ist der Effekt der Kombination ein ziemlich vollkommener, weil die Randpartie der Linse wenig in Betracht kommt. Dies gilt aber nicht für die so viel kleineren Mikroskop-Objektive. Zunächst ist es viel schwieriger, diese kleinen Linsen korrekt zu schleifen; ausserdem kommt der schädigende Einfluss der (dickeren) Randpartie der Flintglaslinse auf die Randstrahlen in Bezug auf die Aberrationen hier viel mehr zur Geltung im Vergleich mit den der Menge nach keineswegs überwiegenden, nahe der Axe durchgehenden Lichtbündeln. Man kann daher nur für einen relativ kleinen Oeffnungswinkel die sphärische Aberration beheben, so dass einigermaßen fehlerfreie Bilder nur mit Objektiven von langer Brennweite und kleinem Oeffnungswinkel geliefert werden. Einfache achromatische Objektive kommen deshalb nur für geringe Vergrößerungen in Betracht. Die Kombination mehrerer achromatischer Glieder vermag diesen Mängeln zu begegnen. Zunächst gelingt es, dadurch

leicht Systeme von kürzerer Brennweite als die der Einzelglieder herzustellen, also die vergrössernde Kraft des Systems zu erhöhen unter Umgehung der der Herstellung stärkerer Einzelachromate entgegenstehenden technischen Schwierigkeiten. Der wesentlichste Vortheil der Kombinationen ist aber der, dass sie es ermöglichen, bei ausreichender Korrektur der sphärischen und chromatischen Aberration vom Objekte einen weit breiteren Lichtbüschel aufzufangen (Mohl), als dies mit einem Einzelobjektiv derselben Vergrösserungsstärke zulässig ist. Dadurch gewinnen die Bilder an Lichtstärke und Schärfe ganz ungemein, und darin ist der grosse Vorzug solcher Kombinationen nach Amici vornehmlich begründet. Bei Benutzung solcher Systeme erhält man eine grössere Apertur, weil bei der Vertheilung der Vergrösserung auf mehrere, hintereinander angebrachte Glieder das Vorderglied, mithin das ganze System dem Objekte weit mehr genähert werden muss, als sein Einzelfokus erheischen würde. Man kann daher die Oeffnung des ganzen Systems bedeutend erhöhen und somit den vorerwähnten, günstigen Effekt erzielen. Drittens ist aber auch eine vollkommener Korrektur der Abweichungen bei Anwendung von mehreren Gliedern hintereinander möglich, und zwar hat man dies in der Hand durch die gleichzeitige Verwerthung von zwei verschiedenen Faktoren. Der eine ist die Gestalt der brechenden Flächen, die man natürlich bei Linsen von grösserem Durchmesser gleichmässiger und leichter mit der Berechnung in Uebereinstimmung zu bringen vermag als bei den kleineren Einzelobjektiven; der andere, weit wichtigere Faktor ist die Distanz der Glieder von einander. So ist es möglich, sogenannte überkorrigirte und unterkorrigirte Glieder in einer Weise mit einander zu verbinden, dass die Gesamtkorrektur so vollkommen als möglich wird, und damit die Lichtstärke und die penetrirende Kraft des Systems in hohem Grade gesteigert wird. Die Entfernung der oberen Glieder von den unteren wird dabei so bemessen, dass die Lichtmengen der unteren Glieder voll und ganz von den oberen aufgefangen, mithin Verluste thunlichst vermieden werden. Das Flintglas bricht nicht nur das Licht aller Farben stärker als das Kronglas, sondern es besitzt auch ein grösseres Farbendispersionsvermögen. Wären die Dispersionsvermögen beider Glassorten gleich, dann könnte man die chromatische Aberration durch die in Rede stehende Kombination wirklich beheben. Dies ist aus dem angegebenen Grunde aber unmöglich. Man verbindet nun häufig sogenannte überkorrigirte Glieder, bei denen die Flintglaswirkung dominiert, mit unterkorrigirten, bei denen die Wirkung der bikonkaven Kronglaslinse vorherrscht. Die von überkorrigirten Linsen entworfenen Bilder zeigen bläuliche, die von unterkorrigirten Linsen entworfenen Bilder röthliche Ränder.

Da nun für das Auge ein leicht bläulicher Randschimmer weniger unangenehm ist, giebt man in den Systemen den überkorrigirten Gläsern gewöhnlich ein ganz geringes Uebergewicht.

Einen weiteren wichtigen Fortschritt verdanken wir der Technik Amici's hinsichtlich der Korrektur der Objektivsysteme auf verschiedene Deckglasdicken. Im Jahre 1829 wies er den bis dahin

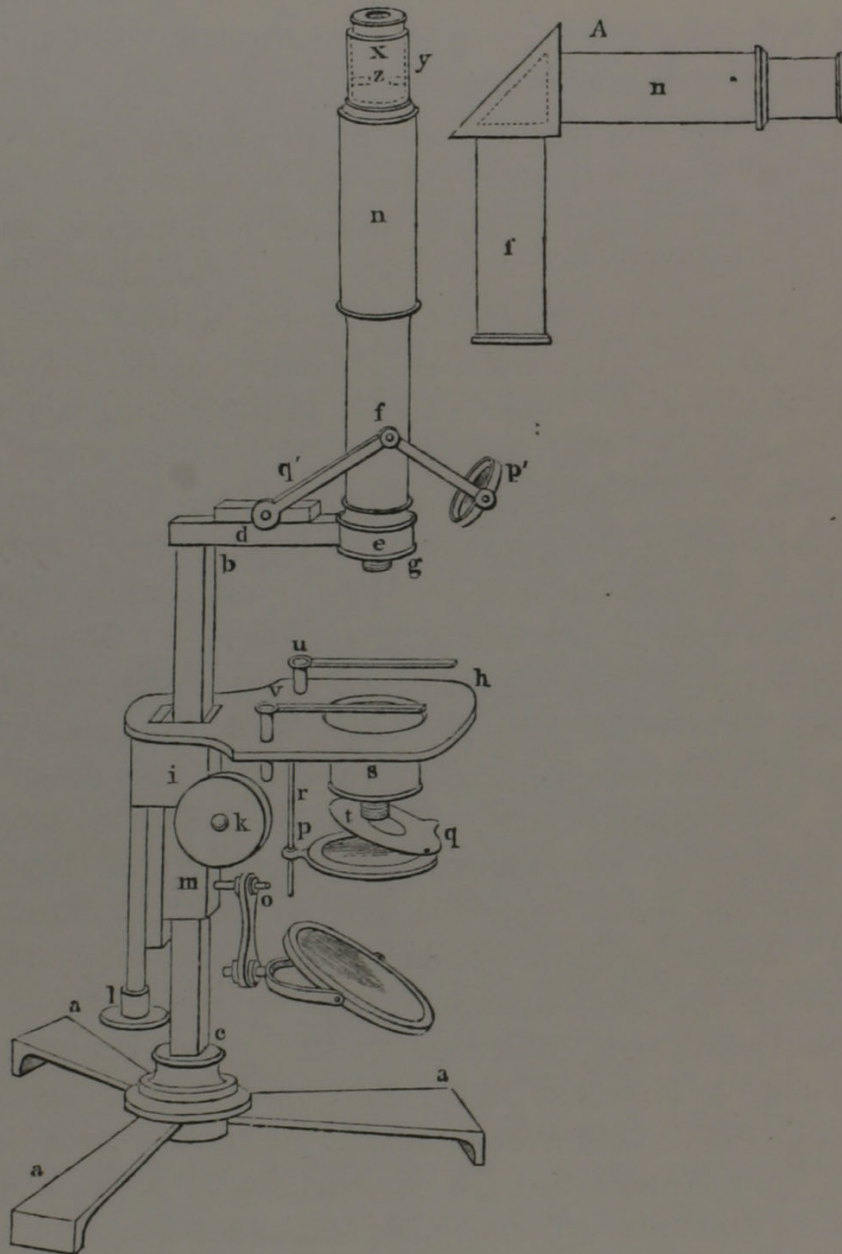


Fig. 146. Verbessertes Mikroskop von Amici, 1849.

ausser Acht gelassenen Einfluss der Deckglasdicke auf die Beschaffenheit des Bildes nach und konstruirte seine Systeme entweder für ganz bestimmte Deckglasdicken, oder brachte hinter dem Objektiv eine korrigirende Hülfslinse an. Der von Amici eingeschlagene Weg war also ein wesentlich richtigerer als der von Selligue und Fraunhofer betretene. Plössl, Schieck, Oberhäuser u. A. schlossen sich dem genialen Italiener an, sehr zum Vortheil ihrer Mikroskope.

Es wurde erwähnt, dass Selligue bei seinen Mikroskopen die Gesamtvergrößerung nach altem Muster durch ein bikonkaves Zwischenglas zu steigern suchte; das Institut von Fraunhofer suchte diese Einrichtung durch Benutzung achromatischer Konkavlinen zu verbessern. Dieser Versuch muss jedoch als missglückt erachtet werden. Solche korrigirenden Zerstreuungslinsen können dagegen, was schon Amici mit Vortheil verwendete, in unmittelbarer Kombination mit dem Objektiv als ein integrierender Bestandtheil desselben vorzügliche Dienste leisten.

Amici vereinfachte später das Stativ seiner Mikroskope und fügte das Reflexionsprisma nur noch als Nebenapparat bei. Auch versah er die Instrumente mit einer Mikrometerschraube zur feinen Einstellung, welche, wie die Schraube zur groben Einstellung, den Objektisch hob und senkte. Fig. 146 ist die Skizze eines solchen Amici'schen Mikroskopes, welches Harting 1849 bekam (Preis 500 Frs.) und hinsichtlich seiner optischen Einrichtung als das vollkommenste bezeichnet. Die Einrichtung des Stativs dürfte aus der Skizze ohne Weiteres verständlich sein: k ist der Trieb zur groben, l die Schraube zur feineren Einstellung; s ist eine Blendungstrommel; bei t kann nach Beiseiteschieben der Beleuchtungslinse p eine achromatische Kondensorlinse eingeschraubt werden. Dem Mikroskop sind 21 achromatische Doppellinsen beigegeben, die zu 13 Kombinationen vereinigt werden können; dabei sind Deckglasdicken von $\frac{1}{5}$ bis $1\frac{1}{2}$ Millimeter berücksichtigt. Die Brennweiten dieser Systeme wechseln von 36,68 mm bis zu 2,57 mm; die mit den schwächsten Okularen erreichbaren Vergrößerungen betragen 650 bis 672fach; meist sind drei, in einigen Systemen vier Glieder mit einander kombinirt. Die drei zugehörigen Okulare haben eine eigenartige Konstruktion. Die beiden plankonvexen Linsen derselben stecken in zwei ineinander verschiebbaren Röhrchen (x und y der Figur). Die zusammengeschobenen Röhrchen bilden ein Okular nach Ramsden, nach Ausziehen des inneren Röhrchens entsteht ein Okular nach Huygens. Der Tubus misst eingeschoben 29, ausgezogen 37 cm; das Gesichtsfeld ist für 25 cm Sehweite und das stärkste nach Ramsden gehaltene Okular mit 14,9facher Vergrößerung 240 mm breit. Die stärkste Vergrößerung von 650 löst die neunte Gruppe der Nobert'schen Probetäfelchen deutlich auf¹⁾. Der Oeffnungswinkel des stärksten Systems war 94° . Amici hatte aber schon früher Systeme mit grösserem Oeffnungswinkel angefertigt. So zeigte er z. B. nach Harting im Jahre 1844 in England ein solches vor, dessen Brennweite 3,6 mm, dessen Oeffnungswinkel nach Quekett 112° betrug.

¹⁾ Nähere Angaben finden sich bei Harting III, p. 169 ff.

Die plankonvexe Linse dieses Systems bestand aus bor-kieselsaurem Blei!

Inzwischen hatten auch andere namhafte Optiker die neuen Errungenschaften verwerthet. Zunächst ist hier wieder anzuknüpfen an die Leistungen der vorerwähnten Chevalier's in Paris. Dieselben hielten sich bei dem 1842 edirten, in Fig. 147 abgebildeten Mikroskop an ein älteres Modell von Amici, das sie verbesserten und

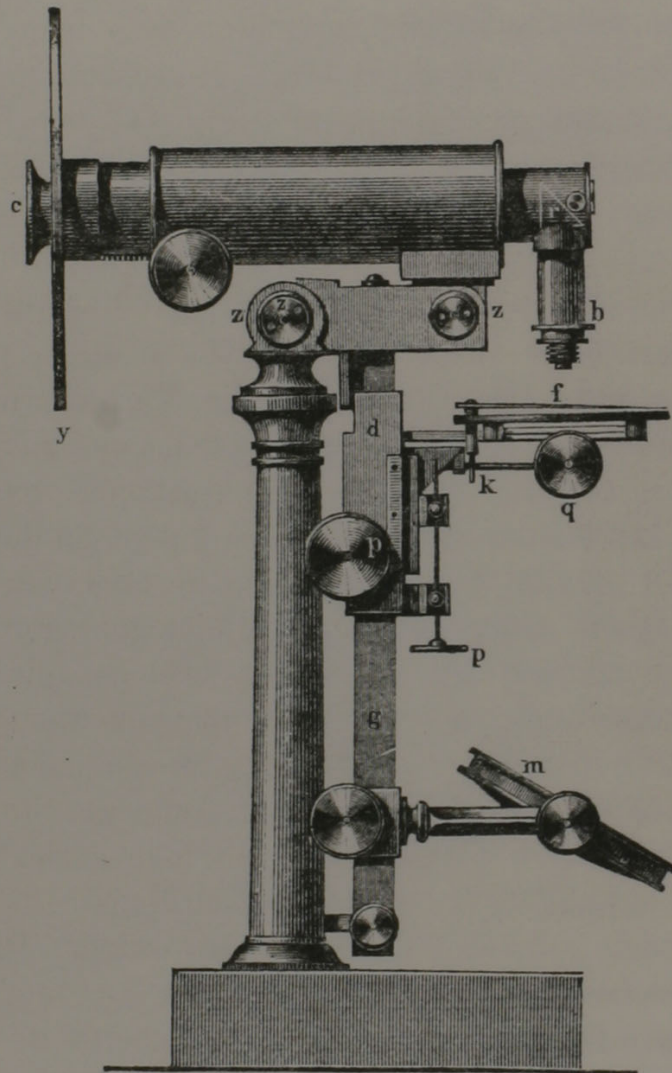


Fig. 147. Microscope universel von Ch. Chevalier, 1842.

zu einem „Microscope universel“ umgestalteten. Bei dem Charniere in z kann das Instrument nach Entfernung des Prismas aufgerichtet werden; y ist eine geschwärzte Scheibe als Augenschutz bei Horizontal-lage des Tubus. Zur ungehinderten Vornahme von Arbeiten auf dem Objekt-tisch kann b um die Achse des Rohres cr nach oben gedreht werden. Drei Linsensysteme und vier Huygen'sche Okulare waren dem Instrument beigegeben. Preis 1000 Frs.

Ein ähnliches Instrument aus dem Jahre 1840 mit drei Linsen-systemen zu je drei achromatischen Gliedern gab in maximo eine Vergrößerung von 1500, die die siebente Gruppe Nobert's deutlich

auflöste; die Brennweiten dieser Systeme betrugen von 9,27, 4,15 und 2,06 mm. Ein Universalmikroskop Ch. Chevalier's aus dem Jahre 1834 zeigt Fig. 148. Dies Instrument erinnert mit seiner „Universalität“ insofern an die Mikroskope des vorigen Jahrhunderts, als demselben noch besondere Doublets zur Verwandlung in ein einfaches Mikroskop beigegeben waren. Die Bewegungsmöglichkeiten von Tubus und Objektstisch waren sehr ausgiebig, mehr als genügend. Auf eine eingehende Beschreibung sowohl dieses wie des vorerwähnten Mikroskopes glaube ich verzichten zu dürfen. Die Details für das ältere, in Fig. 148 abgebildete Mikroskop finden sich bei van Heurck, die für das jüngere in Fig. 147 bei Harting. An

letzterer Stelle sind auch die genaueren Angaben über weitere Mikroskope von Arthur Chevalier aus der Mitte unseres Jahrhunderts zu finden.

Die Verbesserung des optischen Theils des zusammengesetzten Mikroskopes hatte, wie wir gesehen haben, in den ersten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts endlich diejenigen Fortschritte gemacht, welche die Superiorität dieses Instrumentes über das einfache Mikroskop endgültig besiegelten. Auch die Stativeinrichtung war, mit mancherlei Abschweifungen allerdings, brauchbar und solide geworden. Die zuletzt er-

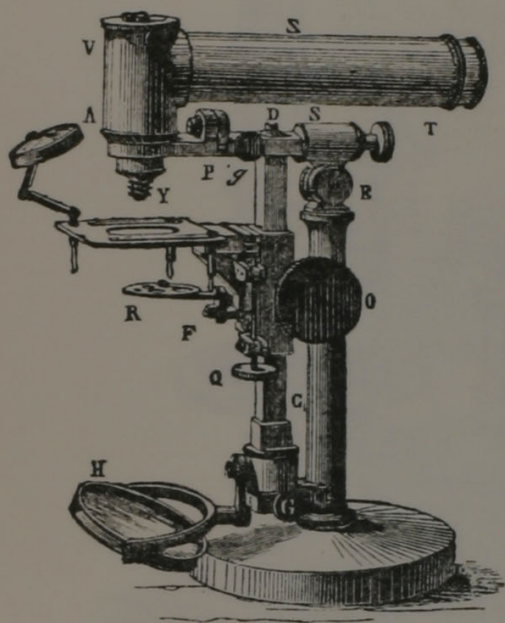


Fig. 148. Microscope universel von Ch. Chevalier, 1834.

wähnten „Universalmikroskope“ sind insofern auszunehmen, als sie im mechanischen Theil entschieden für unsere Begriffe als zu komplizirt und unhandlich erachtet werden dürften; die älteren Instrumente von Selligue (Fig. 143) und van Deyl (Fig. 144), auch die von Martin (Fig. 140) und von Adams (Fig. 141) verdienen in dieser Beziehung wohl den Vorzug. Die englischen Mikroskope dieser Zeit, auf die ich hier nicht näher eingehen kann, haben auch recht komplizierte Stative. Die Rückkehr zu einfacheren Formen darf mithin als ein lobenswerther Fortschritt erachtet werden. Diesen Schritt that in Frankreich wohl zuerst Arthur Chevalier, von dessen vereinfachten Mikroskopen die Fig. 149 und 150 uns als ganz modern anheimeln. Diese für den Gebrauch von Studirenden ursprünglich bestimmten Mikroskope sind alles überflüssigen Beiwerkes entlastet

und für zahlreiche Nachbildungen typisch geworden. Sie weisen dabei einige ganz wesentliche Verbesserungen auf.

Als solche möchte ich in erster Linie die Einrichtung zur feinen Einstellung hervorheben. Die Mikrometerschraube steckt in dem oberhalb des feststehenden Objektisches sich erhebenden Stativtheile und ihre Drehungen heben und senken den Tubus, dessen grobe Einstellung mit der Hand durch Gleiten in der Aussenhülse geschieht. Ferner hat der Fuss dieser Instrumente die Form einer schweren

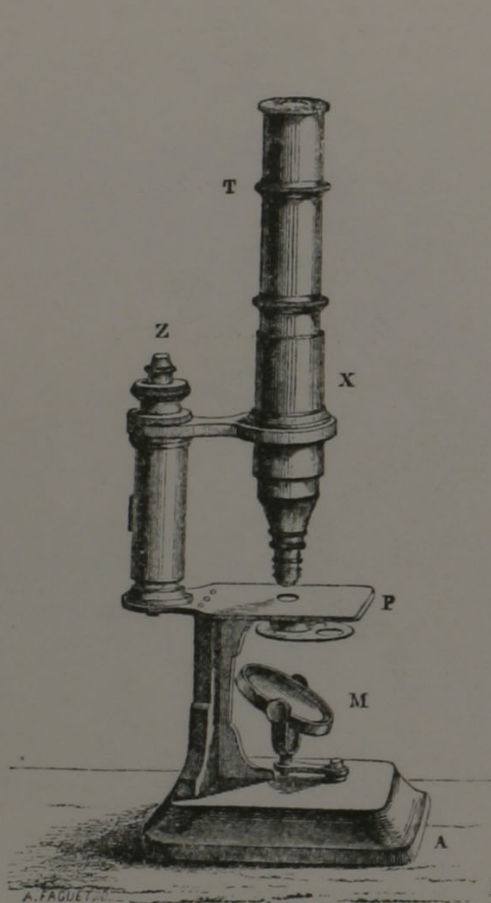
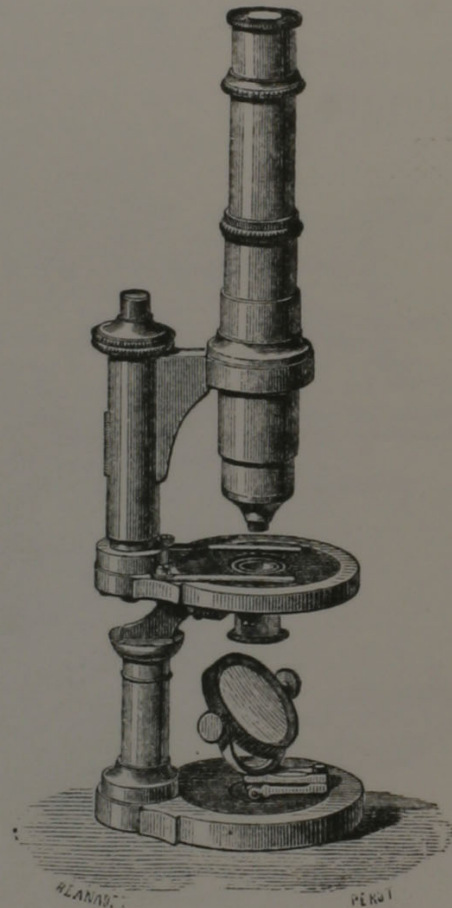


Fig. 149. Microscope usuel und Fig. 150. Microscope d'étudiant
von Arthur Chevalier um 1850.



Metallscheibe erhalten. Die Dreifussgestalt und der Kasten sind endlich überwunden. Dieser Typus ist daher nicht wieder verlassen worden und, abgesehen von einigen Verbesserungen, dem Wesen nach bis in die Gegenwart von den meisten Mikroskopverfertignern beibehalten worden. Die Einschliessung der Mikrometerschraube in die Stativsäule war schon früher üblich gewesen, so z. B. bei den zusammengesetzten Mikroskopen des Engländers Adams (Fig. 141) 1776 und in ähnlicher Weise noch früher bei den eleganten einfachen Mikroskopen Joblot's (1710); auch die einfachen Mikroskope von Ross (Fig. 71) und Pritchard (Fig. 72) aus den dreissiger Jahren waren in dieser Beziehung gleich konstruirt.

Auch das in Fig. 151 abgebildete grosse Mikroskop Arthur Chevaliers aus dieser Zeit ist den modernen Instrumenten durchaus ähnlich. Die grobe Einstellung durch Zahn und Trieb, die feine durch Mikrometerschraube, ferner der grosse, um seine Achse drehbare Objektisch, dem eine in zwei Richtungen bewegliche Schlittenvorrichtung beigegeben ist, Apparate für centrale und schiefe Beleuchtung

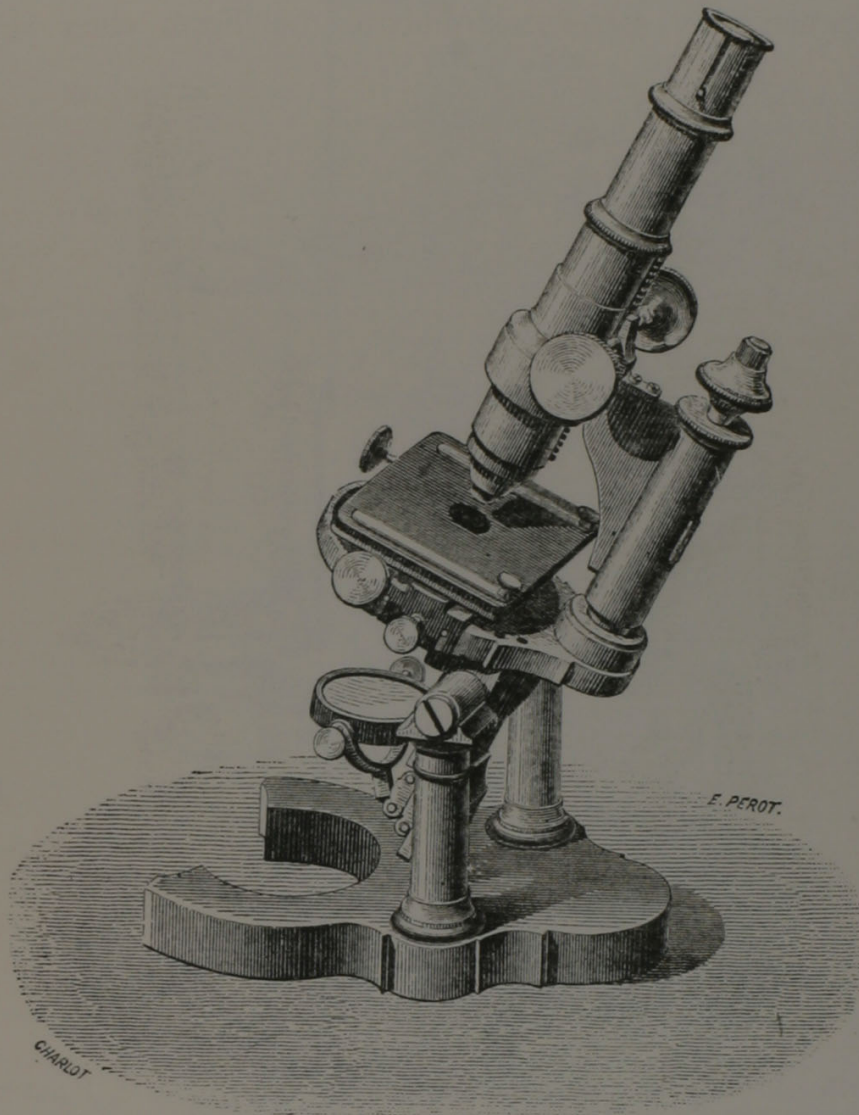


Fig. 151. Grand Microscope de Strauss von Arthur Chevalier.

des Objekts, Objektischmikrometer und Okularmikrometer — alles dies lässt das Instrument selbst für moderne Arbeitszwecke als durchaus brauchbar erscheinen. Der Preis betrug mit allen Objektiven und Okularen 1300 Frs.

Die erfolgreichen Bestrebungen von Amici in Modena und von den Chevaliers in Paris wurden, wie nicht anders zu erwarten, für eine Anzahl weiterer Firmen der Anstoss zu Nacheiferungen. Es entwickelte sich ein für das Emporblühen der Mikroskopie im weitesten Sinne segensreicher Konkurrenzkampf, in welchem die Tüchtigsten sich

gegenseitig zu überbieten suchten. Beiden Theilen des zusammengesetzten Mikroskopes, dem optischen sowohl wie dem mechanischen, wurde gleiche Sorgfalt zu Theil, und es entstand binnen wenigen

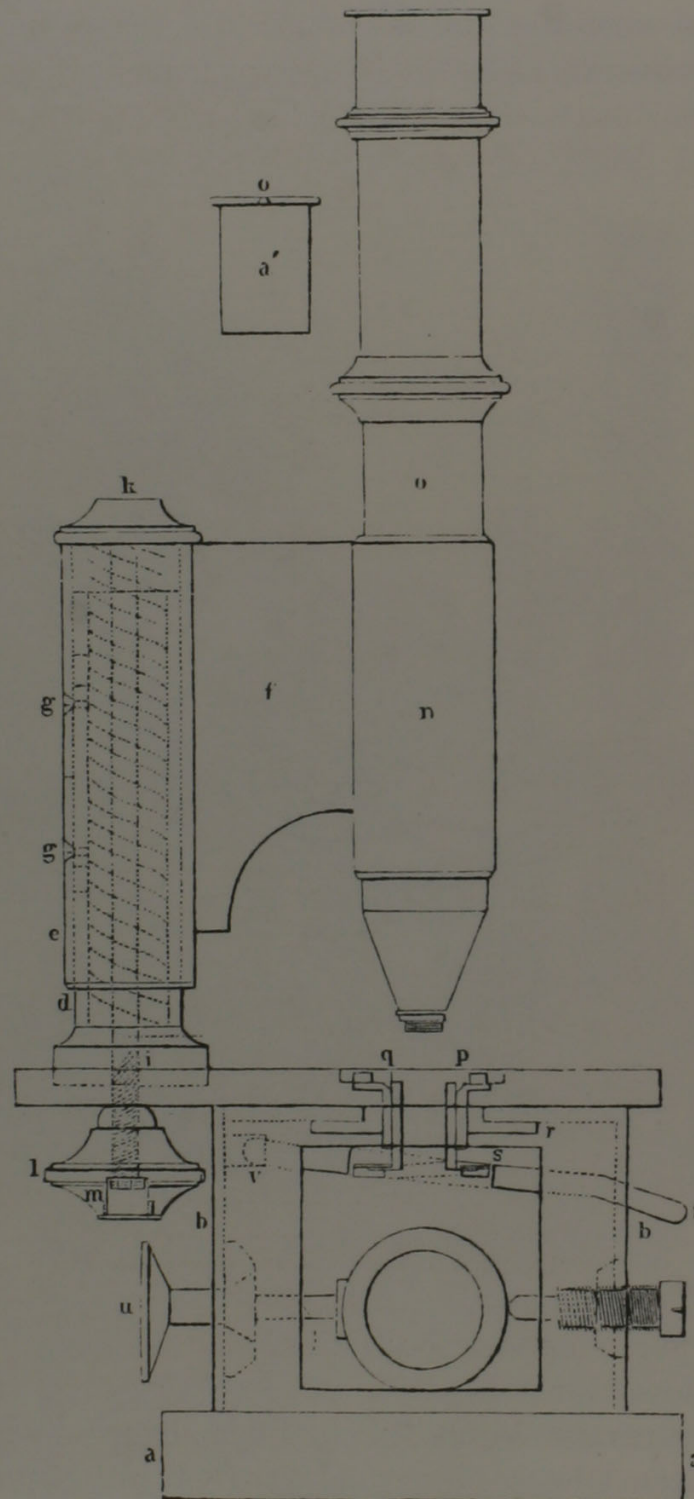


Fig. 152. Grand microscope achromatique von Oberhäuser um 1835.

Jahren eine erstaunliche Menge von Mikroskopen. Nach Harting erhob sich z. B. die Ziffer der in der Werkstatt von Oberhäuser zu Paris bis zum Jahre 1859 gefertigten Instrumente auf mehr als 3000! Begreiflicher Weise ist es nicht mehr möglich, im Rahmen eines Werk-

chens, wie das vorliegende, die Konstruktionstypen aller Firmen zu verfolgen, denn jede Werkstatt hat in diesem Sinne ihre „Geschichte“. Wer sich dafür interessirt, der findet, abgesehen von dem Urmaterial der Originalkataloge aus jenen Jahren, in den Werken von Harting, von Nägeli und Schwendener und von Frey neben den beim Erscheinen der Werke neuesten Haupttypen auch diejenigen aus dem Anfang und der Mitte unseres Jahrhunderts beschrieben und abgebildet.

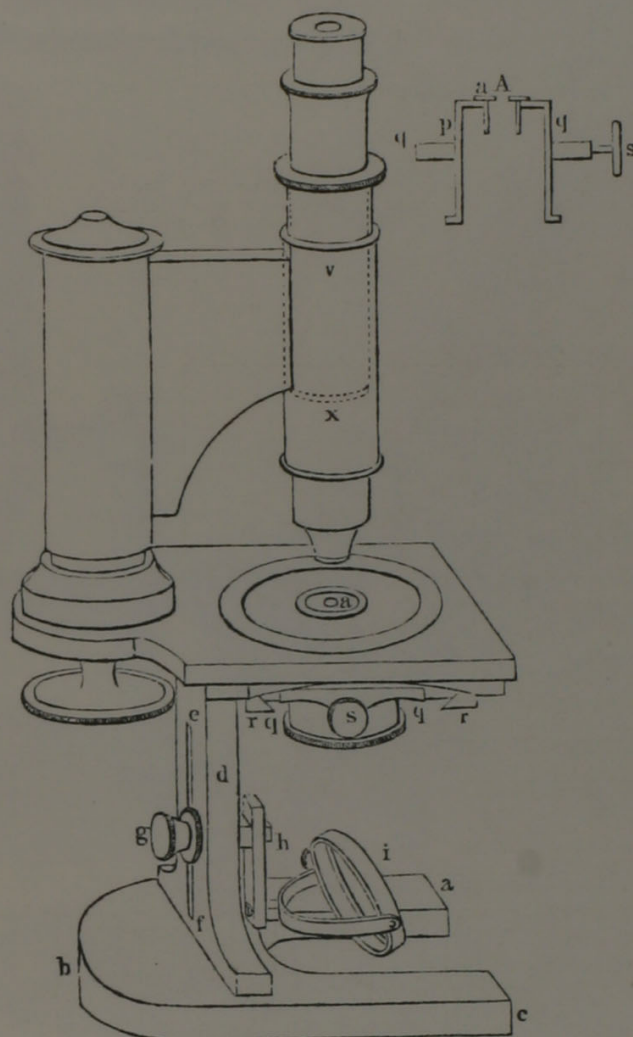


Fig. 153. Grosses Mikroskop mit Hufeisenstativ von Oberhäuser, 1848.

Hier können nur einzelne, besonders charakteristische Mikroskope herausgegriffen werden.

Neben den pariser Werkstätten der damaligen Zeit von Chevalier sind noch die von Oberhäuser und von Nachet als solche zu erwähnen, aus denen zahlreiche Mikroskope von guter Beschaffenheit in alle Welt gingen, sowohl um Forschungszwecken zu dienen, als auch als Muster für Nachbildungen. Fig. 152 zeigt das grand microscope achromatique von Oberhäuser, um 1835, welches einiger Besonderheiten wegen erwähnt sein möge. Der Fuss besteht nach dem Vorgang von Martin, (pocket reflecting microscope 1742, Fig. 139)

aus einer unten schwer mit Blei ausgegossenen Trommel, die einen seitlichen, nach vorn zu richtenden, viereckigen Ausschnitt hat. Der mit einer schwachen matten Glasscheibe ausgelegte Objektisch bildet die obere Platte der Trommel und ist um seine Achse drehbar. Der Beleuchtungsspiegel, auf einer Seite plan, auf der anderen konkav, ist nur um die Achse drehbar und sonst nicht weiter zu verstellen. Zur Bemessung des Lichtbündels dient der in der Skizze sichtbare Cylinderblendenapparat, welcher durch den Hebel bei *t* vertikal ver-
stellt werden kann; *a'* ist ein dazupassendes Blendungsröhrchen. Seitlich

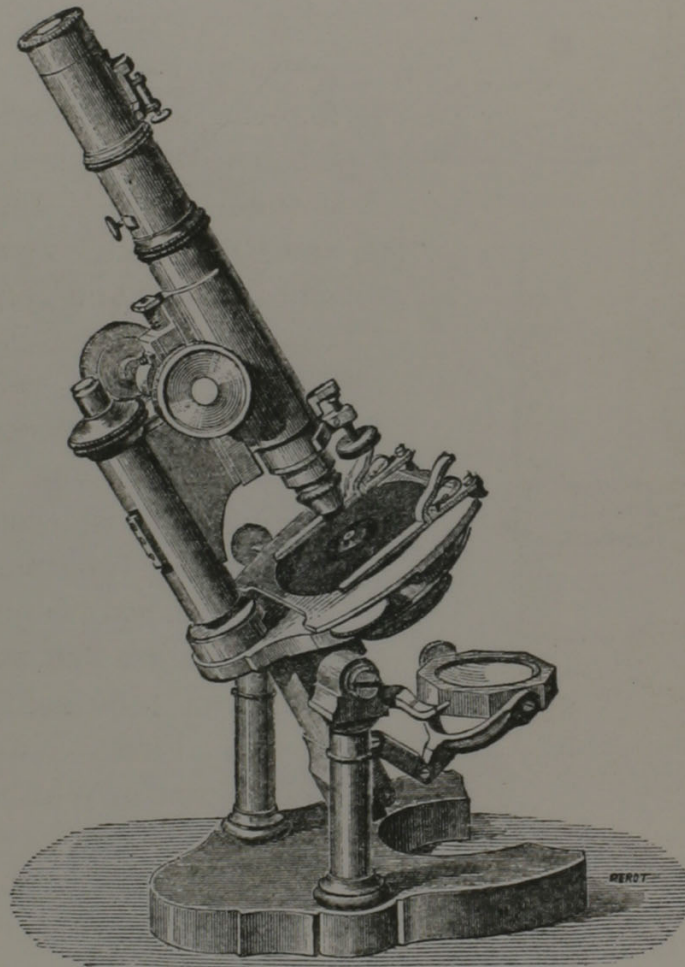


Fig. 154. Grosses Mikroskop von Nachet um 1860.

mit der Objektischplatte verbunden erhebt sich die Stativsäule mit Mikrometervorrichtung. Die grobe Einstellung geschieht durch Gleitbewegung vermittelt der Hand. Der Mangelhaftigkeit des Trommelstativs bezüglich des Beleuchtungsapparates wurde durch die späteren Hufeisenstative Oberhäuser's vom Jahre 1848 abgeholfen, Fig. 153. Der Zugang zu den Beleuchtungsvorrichtungen ist hier unbehindert; der Spiegel kann nach allen Seiten bewegt werden. Die Blenden, deren Einrichtung die Seitenskizze zeigt, werden vermittelt Schlittengeleise angebracht. Der Objektisch, 10 cm im Viereck, ist aus geschwärztem Messing und, wie beim Trommelstativ, sammt

Mikroskopkörper achsial drehbar. Abgesehen vom Fehlen der Beleuchtungslinsen darf dieses Stativ auch heute noch als vorzüglich anerkannt werden. Es kam bald in Aufnahme. Nägeli und Schwendener nennen es ein „ein wahres Musterstativ“ (1877); eine weitere Berechtigung erhielt dies Lob, nachdem für die grobe Einstellung später noch Zahn und Trieb sowie ein zweckmässiger Beleuchtungsapparat hinzugefügt wurde. Die Firma Oberhäuser sowie ihre Nachfolgerin Hartnack (1857/60) verfertigte nach den in Fig. 151 und 152 wiedergegebenen Typen auch kleinere, einfachere und billigere Stative, welche in einer grossen Zahl von Exemplaren überallhin Verbreitung fanden. Der optische Theil der Oberhäuser'schen Mikroskope bestand aus elf Linsensystemen von Brennweiten zwischen 65 mm und 1,70 mm, die Vergrösserungen von 5 bis 148mal lieferten; dazu fünf Huyghen'sche Okulare, deren Vergrösserungsvermögen im Verhältniss von 1 bis zu 2,93 standen; die stärkste Vergrösserung betrug 1084mal; Hartnack fügte noch zwei Objektive (No. 10 und 11) hinzu bis zur Vergrösserung von 1400fach¹⁾.

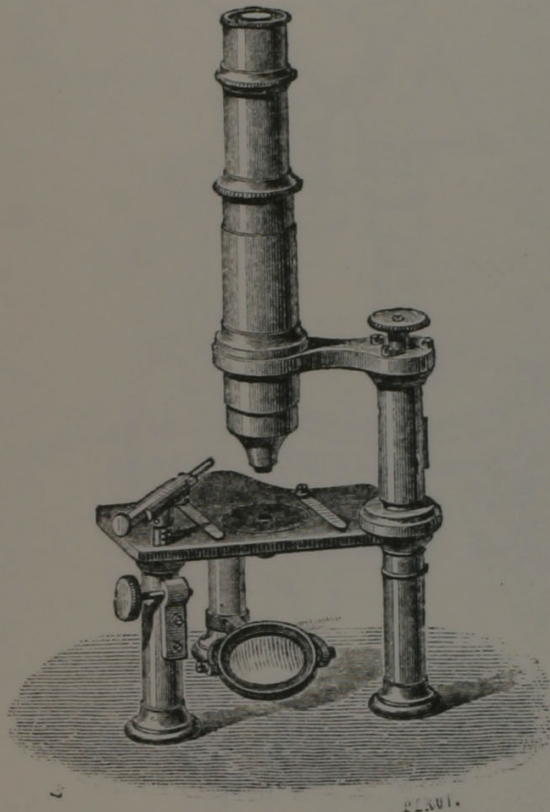


Fig. 155. Mikroskop von Nacet & fils mit grossem Objekttisch auf Dreifuss.

Die Firma Nacet, deren Leistungen in Wettbewerb traten mit denen der vorbenannten Pariser Optiker, verbesserte durch kleine Veränderungen die Stative von Oberhäuser und lieferte wie diese Firma ausgezeichnete Objektive. Das grosse Stativ von Nacet & fils, Fig. 154, ist als praktisch und solide zu bezeichnen. Das Modell ist ein gegen die ersten grossen Instrumente der Firma schon etwas verbessertes, mit der Einrichtung von Zahn und Trieb zur groben Einstellung versehen. Eigenthümlich ist die feine Einstellung vermittelt der am Tubus selbst befestigten Mikroschraube, die ihren Stützpunkt an der äusseren Gleithülse hat. Diese allerdings wenig vollkommene Art hat keine Nachahmer gefunden. Die Methode, den Mikroskopkörper zwischen zwei Stativsäulen um eine Achse frei drehbar aufzuhängen, ist englischen Modellen entnommen.

Die Firma Nacet, deren Leistungen in Wettbewerb traten mit denen der vorbenannten Pariser Optiker, verbesserte durch

kleine Veränderungen die Stative von Oberhäuser und lieferte wie diese Firma ausgezeichnete Objektive. Das grosse Stativ von Nacet & fils, Fig. 154, ist als praktisch und solide zu bezeichnen. Das Modell ist ein gegen die ersten grossen Instrumente der Firma schon etwas verbessertes, mit der Einrichtung von Zahn und Trieb zur groben Einstellung versehen. Eigenthümlich ist die feine Einstellung vermittelt der am Tubus selbst befestigten Mikroschraube, die ihren Stützpunkt an der äusseren Gleithülse hat. Diese allerdings wenig vollkommene Art hat keine Nachahmer gefunden. Die Methode, den Mikroskopkörper zwischen zwei Stativsäulen um eine Achse frei drehbar aufzuhängen, ist englischen Modellen entnommen.

¹⁾ Eingehendere Angaben vgl. bei Harting l. c.

Auch Nachet verfertigte, wie die Vorgänger, mittlere und kleinere Instrumente nach ähnlichen, unwesentlich veränderten Typen.

Als eine besondere, von Anderen nicht ausgeführte Form von Mikroskopen sei die in Fig. 155 wiedergegebene hier aufgeführt. Das auf drei Füßen ruhende Instrument kann nach Fortnahme des Tubus und Einsetzen von Doublents in alter Weise in ein einfaches Mikroskop verwandelt werden, welches mit dem grossen von überall frei zugänglichen Objektisch zu manchen Verrichtungen recht vortheilhaft Verwendung findet.

Von den italienischen Mikroskopen aus der Mitte unseres Jahrhunderts sei noch das 1845 von Professor F. Pacini angegebene¹⁾ erwähnt, welches sich durch besondere Form auszeichnet (Fig. 156). Der grosse, in der mit Theilung versehene Randfassung achsial drehbare Objektisch wird horizontal durch die gleichfalls messbaren Umdrehungen der grossen Schraube d bewegt. Der Prismenheil f kann entfernt und das Rohr vertikal gestellt werden. Die Schraube i gestattet eine horizontale Verschiebung des Tubus, dessen grobe Einstellung die Schraube n, dessen feine die Schraube m besorgt.

Nachdem die Bestrebungen der italienischen und französischen Optiker in der Anfertigung achromatischer Objektsysteme so gute Erfolge hatten, theilten sich auch deutsche und österreichische Firmen an dem Wettbewerb. Der achromatischen Einzelobjektive von Fraunhofer in München aus dem ersten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts wurde am Eingang des Kapitels schon

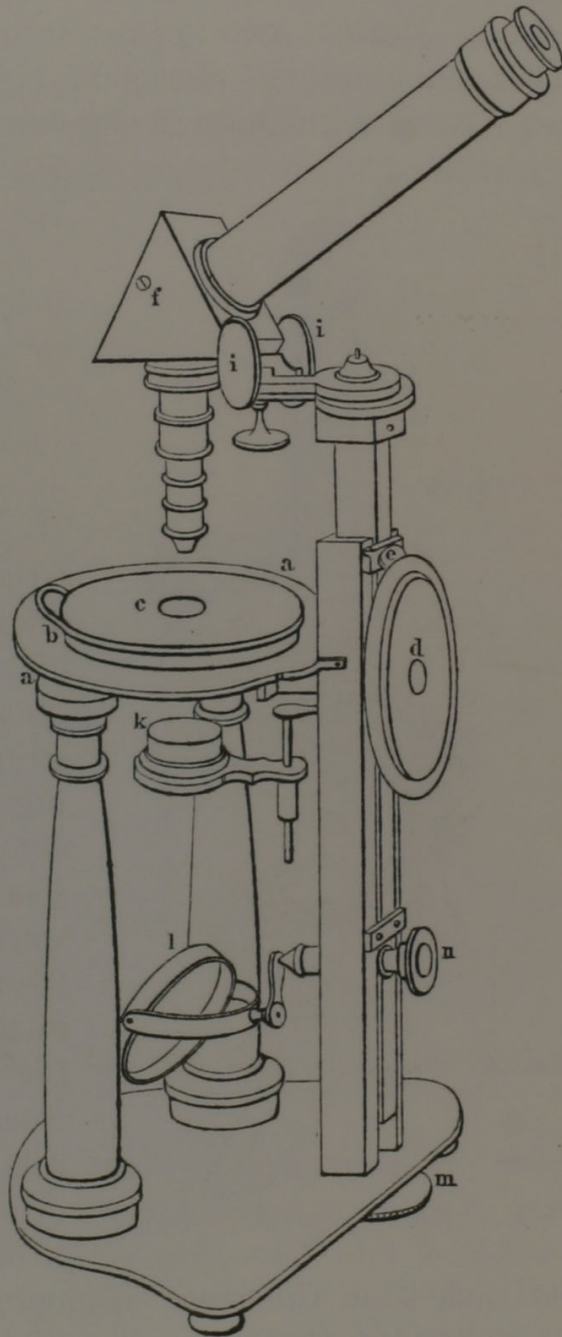


Fig. 156. Mikroskop von Pacini, 1845.

¹⁾ Nuovi Annali delle Scien. naturali di Bologna, Nov. 1845.

gedacht. Georg Merz, Fraunhofer's Nachfolger, verfertigte 1829 das in Fig. 157 skizzierte „verbesserte, aplanatische Mikroskop“, welches mit fünf achromatischen, zum Uebereinanderschrauben eingerichteten Linsen ausgerüstet war, eine Vergrößerung bis zu 1000 lieferte und seiner hellen und scharfen Bilder wegen Anerkennung fand.¹⁾ Obschon die mechanische Einrichtung dieses Instrumentes solide gearbeitet und brauchbar war, muss sie doch im Vergleich zu den französischen Mikroskopen damaliger Zeit als antiquirt gelten.

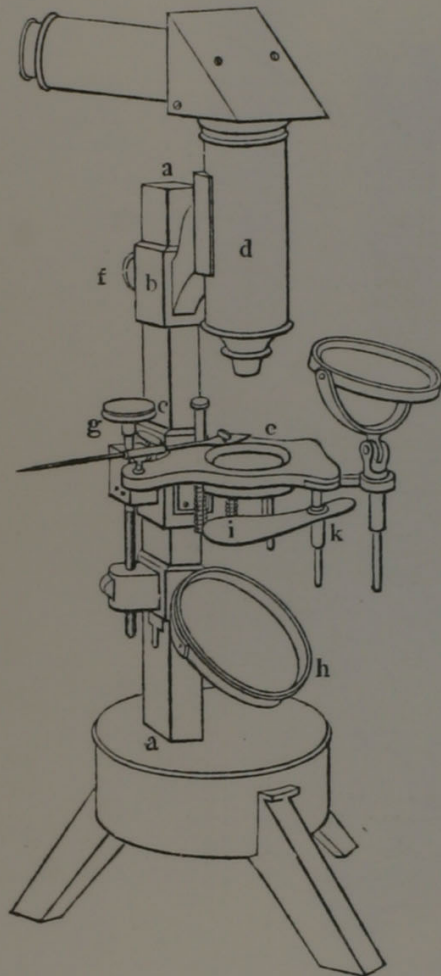


Fig. 157. Mikroskop von Merz, 1829.

Die Firma gab daher ihr Stativmodell später auf und änderte es gänzlich nach anderen Mustern um, nur Weniges beibehaltend. Die drei Hauptstativformen aus den mittleren Jahren des laufenden Jahrhunderts sind in den Figuren 159 bis 161 zusammengestellt.

Von den hervorragenderen Mikroskopverfertign Wiens jener Zeit ist Simon Plössl zu nennen, dessen ältere Mikroskope der Form nach an die von Martin, Jones und van Deyl erinnern. Die Skizze eines Instrumentes aus dem Jahre 1840 giebt Fig. 158. Die feine Einstellung bewegt den Objektisch, welche Einrichtung sich auch bei den kleineren Stativen von Merz findet. Der Objektisch Plössl's kann in zwei senkrechten Richtungen horizontal bewegt werden. Die betreffenden Schrauben sind mit Nonius und Mikrometereinrichtung versehen. Zur Beleuchtung mit auffallendem Licht dient ein konvexes Prisma nach Selligue. An späteren Stativen

wurde die zum Umlegen bestimmte Stange c fortgelassen und auch an Stelle des Dreibeins ein runder, schwerer Fuss gewählt. Die Linsen Plössl's fanden alle Anerkennung. Die Stative dagegen wurden ihrer unbequemen Höhe wegen weniger beliebt, trotzdem sie, wie bei denen Amici's, durch Einschieben eines Prismatheiles und Winkelstellung des Rohres für die Beobachtung bequemer gestaltet werden konnten. Eine Nachahmung fanden die Plössl'schen Formen

¹⁾ Döllinger, Nachricht von einem verbesserten achromatischen Mikroskop. München, 1829. — Brown, Philos. transact. 1830, p. 118. — Schuhmacher's Astronom. Nachrichten IX, p. 110.

bei Schieck in Berlin, der aber den optischen Theil durch Adoption fester Systeme wesentlich besser gestaltete. Späterhin verfertigte Schieck die Mikroskope nach dem bewährten Typus von Oberhäuser-Hartnack.

In den ersten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts sind hinsichtlich der Stativformen diejenigen Typen geschaffen worden, die durch

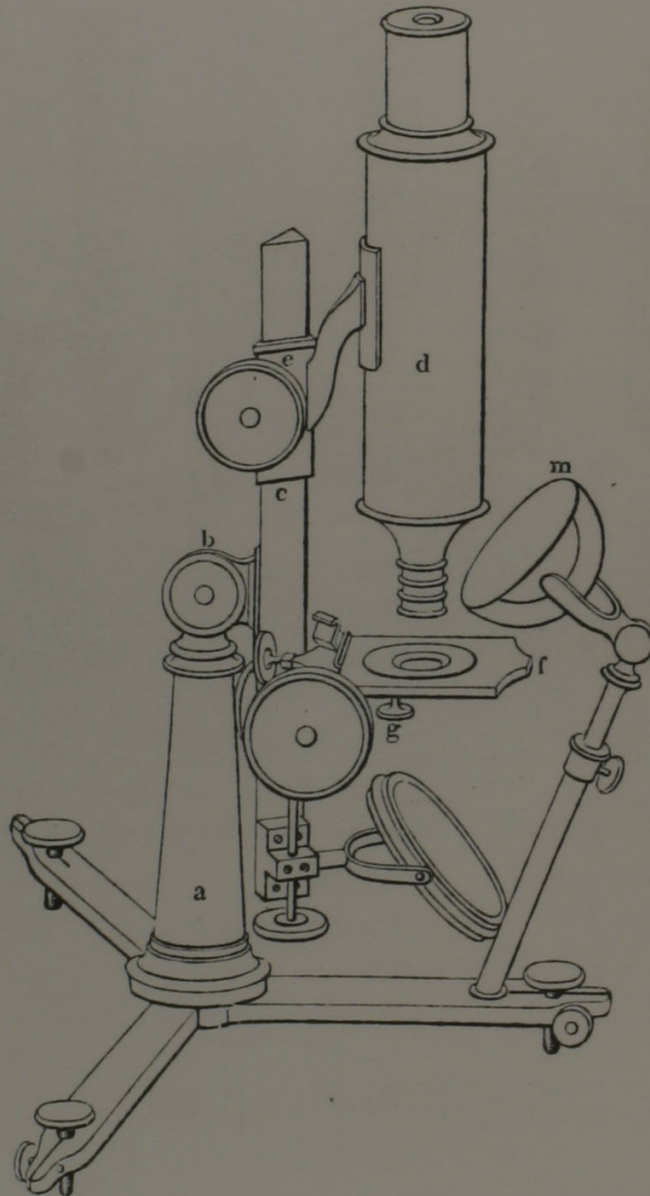


Fig. 158. Mikroskop von Plössl, 1840.

ihre Zweckmässigkeit allgemein in Aufnahme kamen und die weniger handlichen Konkurrenten aus dem Felde schlugen. Für den europäischen Kontinent gilt dies von dem zuerst in Frankreich auf gekommenen Typus der sogenannten Hufeisenstative (Chevalier-Oberhäuser-Hartnack).

Auch die Verbesserungen des optischen Theils, welche die erste Hälfte des ablaufenden Jahrhunderts für das zusammengesetzte Mikroskop zu Tage förderte, dürfen als wesentlich für den Gesamt-

werth und die Leistungsfähigkeit des modernen Mikroskops erachtet werden. Erfreulicher Weise blieb es aber nicht bei diesen ersten Errungenschaften, sondern es waren noch weitere und grössere Erfolge der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts vorbehalten.

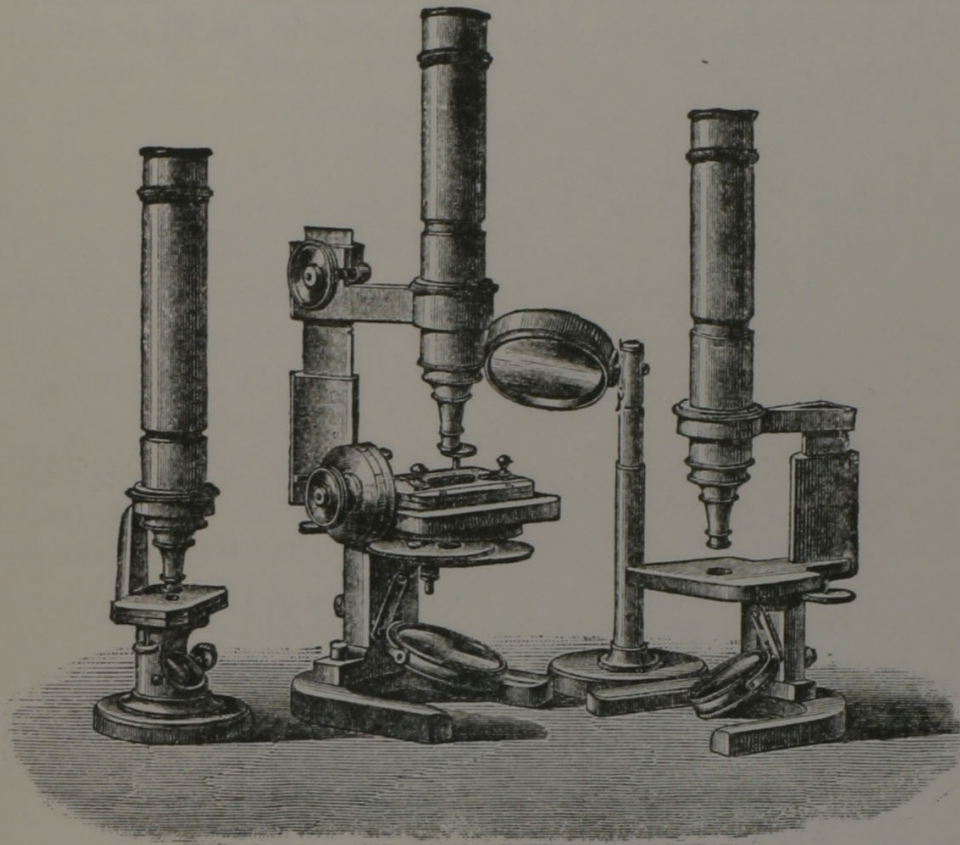


Fig. 159.

Fig. 160.

Fig. 161.

Mikroskope von G. und S. Merz um 1860.

Zwölftes Kapitel.

Das zusammengesetzte Mikroskop im neunzehnten Jahrhundert.

(Zweite Hälfte.)

Immersionssysteme.

Das Jahr 1850 bezeichnet in gewissem Sinne für die Entwicklung des zusammengesetzten Mikroskopes eine Epoche. In diesem Jahr trat der im vorigen Kapitel rühmlichst erwähnte Amici mit seinen Immersionssystemen an die Oeffentlichkeit. Jetzt ist es einem jeden Mikroskopiker geläufig, welch' eminente Bedeutung diese That

für unsere Kenntniss von der Welt im Kleinen hat. Anfangs gab man zwar theoretisch den Fortschritt als vorhanden zu, versprach sich aber nicht gar viel davon für die wirkliche Praxis. Selbst Harting äussert sich an einigen Stellen seines 1866 in deutscher Auflage erschienenen Buches in ähnlichem Sinne mit reservirter Skepsis. Bekanntlich besteht das Verfahren der Immersion darin, dass zwischen der untersten (vordersten) Linse des Objektsystems und dem das Präparat bedeckenden Deckgläschen eine Flüssigkeitsschicht angebracht wird. Man bringt einen Tropfen auf das Deckglas oder an die Frontlinse des Objektivs, oder an beide Stellen, senkt vorsichtig den Tubus, bis die Linse „eintaucht“ und durch kapillare Adhäsion der Raum zwischen ihr und dem Deckgläschen mit der betreffenden Flüssigkeit sich anfüllt. Alsdann erfolgt die feine Einstellung. Solche Linsen werden Immersions-, Eintauch- oder Stipplinsen genannt.¹⁾ Der Zweck der Immersion ist, die durch die Anwesenheit einer Luftschicht zwischen Objektiv und Präparat gesetzten unvermeidlichen Verluste an Licht und Qualität des Bildes thunlich auszumerzen und, wie weiter unten noch auszuführen, dem Objektivsystem gewisse für die Bilderzeugung besonders wichtige Lichtbündel zuzuführen, die sonst bei gewöhnlichen Trockensystemen gar nicht zur Geltung kommen. Das geschieht am besten unter Benutzung einer Flüssigkeit, deren Brechungsindex dem des Glases möglichst nahe kommt. Selbstverständlich darf diese Flüssigkeit das Glas der Linsen nicht angreifen, auch nicht deren Metallfassungen. Früher pflegte man von der Immersionsflüssigkeit auch noch zu verlangen, dass man sie ohne Schaden für den die Einzellinsen der achromatischen Glieder verkittenden Kanadabalsam wieder entfernen könne. Oelige Flüssigkeiten, die nur mit Alkohol oder gar Aether fortzubringen seien, wurden deshalb für ungeeignet erachtet. Harting schliesst diesen damals an sich gewiss ganz berechtigten Gedankengang mit dem Ausblick auf die Zukunft, dass die Rücksichtnahme auf die leichte Angreifbarkeit der zusammengekitteten Linsen wegfallen würde, wenn man die Frontlinsen nur einfach aus Kronglas, fabrizire; er fügt aber den glücklicherweise nicht in Erfüllung gegangenen Satz hinzu: „dessenungeachtet muss ich bezweifeln, das Oelimmersionssysteme jemals in allgemeineren Gebrauch kommen dürften“.

Amici war zwar nicht der Erste, welcher am Mikroskop den Kontakt der Glaslinsen mit einer Flüssigkeit, statt mit Luft aus optischen Gründen in Vorschlag brachte. Dies that, wie wir in Kap. 7

¹⁾ Neuerdings ist es in manchen Laboratorien Mode geworden, die Deckgläschen fortzulassen und das unbedeckte Präparat mittels der Immersion zu untersuchen. Dies ist nur dann von Nutzen, wenn das betreffende System nicht auf eine bestimmte Deckglasdicke korrigirt ist.

gesehen haben, schon Robert Hooke, als er 1667 das in Fig. 107 abgebildete Mikroskop konstruirte. Diese Art von „innerer“ Immersion (auch „Endomersion“ nach Zenger, vgl. unten) hatte aber aus begreiflichen Gründen eine Verbesserung im optischen Theil unseres Instrumentes nicht herbeigeführt. Ebenso wenig gelang dies der Wiederaufnahme des Gedankens durch Harting,¹⁾ der beim Okular die innere Immersion versuchte, indem er den Raum zwischen den zwei Linsen eines Okulars mit Wasser ausfüllte. Derartige Versuche können zu nichts Erspriesslichem führen, denn die Immersionsflüssigkeit hat als integrierender Bestandtheil des optischen Apparates zu gelten, wie Harting an anderer Stelle selbst betont, und es sind daher die Glaslinsen sowie deren Kombinationen unter Berücksichtigung dieses neu hinzugekommenen optischen Faktors hinsichtlich der Krümmungen, der Korrekturen etc. etc. auszuwählen und den neuen Verhältnissen in allen Beziehungen anzupassen. Daher können selbstverständlich gewöhnliche Trockensysteme nicht gleichzeitig als Immersionssysteme benutzt werden, eine Idee, deren Verwirklichung von Einigen thatsächlich angestrebt worden ist. Die Amici'sche „äussere“ Immersion, wie man sie im Gegensatz zu der von Hooke zuerst vorgeschlagenen, von Harting nach beinahe 200 Jahren wieder versuchten „inneren“ nennen könnte, hat sich nun für die weitere Vervollkommenung des Mikroskopes als äusserst fruchtbringend erwiesen. Die ersten Immersionen waren Wasserimmersionen. Allerdings brachte Amici auch das Licht stärker brechende Immersionsflüssigkeiten, z. B. Anisöl in Vorschlag. Vor der Hand wurden jedoch nur Systeme für Wasserimmersion wirklich ausgeführt.

Um die Bedeutung der Immersionssysteme darzuthun, ist es nöthig, einige Betrachtungen über die neueren Objektivsysteme und ihre Wirkung hier einzuschalten. Die klare Erkenntniss dieser Verhältnisse verdanken wir bekanntlich den Arbeiten von Abbe, welcher nicht nur die Theorie des Mikroskopes gründlich umgestaltet, sondern auch die Praxis des Mikroskopbaus in der Verfertigung von Objektiven, Okularen und Beleuchtungsvorkehrungen nach rationellen Prinzipien und aus zum Theil neuen Materialien binnen relativ kurzer Zeit auf eine noch bis vor Kurzem als unerreichbar erachtete Höhe gehoben hat. Im knappen Rahmen dieses Werkchens kann auf den überreichen Inhalt von Abbe's Arbeiten nur insoweit eingegangen werden, als dies das Verständniss für die historische Weiterentwicklung des Mikroskopes erheischt.²⁾

¹⁾ l. c. Bd. 1 p. 165.

²⁾ Die nachfolgenden Ausführungen schliessen sich zum Theil an die lichtvollen und knappen Darlegungen Dippel's an; zur Theorie des Mikroskopes nach

Zunächst ist es nöthig, die Begriffe Oeffnungswinkel und den von Abbe eingeführten Begriff numerische Apertur klarzulegen. Unter Oeffnung eines Systems versteht man ganz im Allgemeinen den von den durchsichtigen, das Licht brechenden Medien ausgefüllten Querschnitt des Systems an seiner engsten Stelle. Es ist ohne Weiteres klar, dass die Grösse dieses Engpasses massgebend ist für die Lichtmenge, welche das System passirt. Abbe nennt diese physische Oeffnung die Iris des Systems; darunter ist also eine Kreislinie zu verstehen, welche alle das System durchsetzenden Strahlen umfasst und gegen den undurchsichtigen Theil der Fassungen, Diaphragmen etc. etc. abgrenzt. Die Iris stellt mithin eine zur optischen Achse konzentrische Oeffnung von bestimmtem Durchmesser dar und ist für alle Abbildungsvorgänge von wesentlicher Bedeutung. Die physische Oeffnung bildet mit ihrer Wirkung die Voraussetzung für die anguläre Oeffnung oder den Oeffnungswinkel.

Diese physische Iris kann an verschiedenen Stellen des optischen Systems (das ganze Mikroskop ev. dabei als ein System gedacht) liegen. Für alle von den einzelnen Punkten der Objektebene gegen

Abbe diene noch Folgendes: Unter der Voraussetzung, dass die einzelnen Theile des Systems gehörig centrirt sind und die von dem Objekt ausgehenden Lichtstrahlen die Kugelflächen des Systems nahezu senkrecht treffen, ferner die Abstände der leuchtenden Punkte des Objekts von der Achse und die Winkel, unter denen die von ihnen ausgehenden Lichtstrahlen die Achse schneiden, sehr klein sind, gelten nachstehende vier von Abbe entwickelte Abbildungsgesetze, zu denen noch vorbemerkt werden muss, dass in Folge der geradlinigen Fortpflanzung des Lichtes einem jeden Objektpunkt ein zugeordneter Bildpunkt entspricht, und man den Raum vor der ersten brechenden Fläche des Systems den Objektraum, den dahinter liegenden Theil den Bildraum nennt.

1. Jedem zur Achse senkrechten Querschnitt des Objektraumes entspricht ein dazu paralleler Querschnitt im Bildraum. Man nennt diese beiden Ebenen die **Objektebene** und die **Bildebene**.

2. Die Abstände zugeordneter Punkte dieser beiden Ebenen von der Achse sind proportional, d. h. es besteht für jedes Paar zugeordneter Abstände das gleiche Verhältniss der linearen Vergrösserung.

3. Aufeinander folgenden Querschnitten im Objektraum entsprechen in der gleichen Reihenfolge aufeinander folgende Querschnitte des Bildraumes.

4. Das Produkt aus dem Verhältniss der linearen Vergrösserung für zwei zugeordnete Querschnitte und dem Verhältniss der Konvergenzwinkel zugeordneter Strahlenbüschel ist gleich dem Verhältniss der Brechungsexponenten der hinter einander liegenden Medien.

(Die betreffende Formel heisst: $\frac{y^*}{y} \cdot \frac{\text{tgn}^*}{\text{tgn}} = \frac{n}{n^*}$; an Stelle der Tangenten können aber unter den gegebenen Voraussetzungen die Winkel selbst gesetzt werden.)

Aus diesen Sätzen ist die gesammte Theorie des Mikroskopes abzuleiten. Näheres darüber vergl. bei Dippel.

das Objektivsystem gerichteten Strahlenkegel wird nun von der physischen Iris im sogenannten Objektraum an einer bestimmten Stelle der Achse eine Kreisfläche von bestimmtem Durchmesser projiziert, welche die Grundfläche aller Strahlenkegel darstellt, die überhaupt in das System eintreten, bezw. durch dasselbe hindurchpassiren können. Diese von Abbe „Eintrittspupille“ genannte Ebene kann entweder durch die physische Iris selbst gebildet werden, wenn diese nämlich vor dem System liegt, oder sie wird je nach der Lage der physischen Iris durch ein reelles oder virtuelles Bild derselben repräsentirt. Die Eintrittspupille ist nun für den Oeffnungswinkel des Systems massgebend. Man erhält den Oeffnungswinkel, wenn man vom Schnittpunkt der optischen Achse mit der Objektebene nach den beiden Endpunkten eines Durchmessers der Eintrittspupille gerade Linien zieht. Der von diesen Linien eingeschlossene Winkel stellt den Oeffnungswinkel des Systems dar. Der Eintrittspupille im Objektraum entspricht ferner eine Austrittspupille im Bildraum. Letztere bildet die Basis für alle nach der Bildebene hinzielenden Strahlen. Die Austrittspupille kann auch mit der Iris zusammenfallen, wenn nämlich letztere ausserhalb des Objektivsystems hinter dessen Linsen liegt. Für gewöhnlich ist die Austrittspupille jedoch ein reelles oder virtuelles Bild der Iris, welches von dem hinter der letzteren liegenden Theil des Systems in den Bildraum entworfen wird. Die beiden Pupillen stehen in unlösbarem Zusammenhang. Alle Strahlen, welche von den einzelnen Punkten der Objektebene nach einem Punkte der Eintrittspupille hinzielen, divergiren nach dem Durchgange durch das System ebenfalls von einem Punkte der Austrittspupille. Dies rührt davon her, weil die koordinirten Punkte beider Pupillen ein und demselben Punkte der Iris entsprechen. Für ein jedes optische System bestehen ferner ausser der Objektebene und der ihr zugeordneten Bildebene noch eine vordere Hauptbrennebene und eine hintere Hauptbrennebene, in gleicher Weise hat jedes Einzelglied des Systems zwei entsprechende Brennebenen. Die Abbildungsgesetze ermöglichen es nun, Lage und Grösse des Bildes für jedes System, dessen Elemente bekannt sind, unter Bezugnahme auf die vorerwähnten Ebenen zu konstruiren. Die Brennweite und die Vergrösserung des Systems wird durch die Einführung weiterer Medien in den Strahlengang nicht beeinflusst, falls diese Medien nur durch ebene zur optischen Achse senkrechte Flächen begrenzt werden. Mithin kann die Einschabung einer Immersionsflüssigkeit, Wasser oder Oel, an der Brennweite oder an der Vergrösserung nichts ändern,¹⁾

¹⁾ Es ist also falsch, anzunehmen, wie dies hie und da geschieht und auch gedruckt worden ist, die Immersion verstärke die Vergrösserung der Linsen bei gleichbleibenden Krümmungsradien.

sie übt aber einen für die Leistung des Systems sehr wesentlichen Einfluss hinsichtlich des Oeffnungswinkels aus, und zwar in folgender Weise: Die Qualität des Bildes ist abhängig von der Gesamtmenge aller Strahlenkegel, welche die optischen Systeme des Mikroskops passiren. Die Menge dieser Strahlen wird den vorangestellten Ausführungen entsprechend begrenzt durch den von der Lage der Objektebene und der Eintrittspupille abhängigen Oeffnungswinkel. Je grösser dieser Winkel, desto grösser ist im Allgemeinen die dem Objektiv zugeführte Strahlenmenge. Ein und dasselbe System hat aber je nach dem Brechungsindex des vor der Frontlinse befindlichen Mediums verschiedene Oeffnungswinkel. Die Sinus dieser Winkel stehen zu den Brechungsindices der verschiedenen Medien im umgekehrten Verhältniss. Dies gilt jedoch nur dann, wenn die ursprüngliche Iris des Systems thatsächlich die Grenzlinien für die Strahlenkegel bestimmt. Nun kann aber auch der Fall eintreten, dass der halbe Oeffnungswinkel gleich oder grösser wird als derjenige Winkel, welcher für die Grenzschicht der beiden Medien den Winkel der Totalreflexion darstellt. Unter solchen Umständen kann in dem letzten Medium ein Bild der Iris nicht entstehen, und die vorerwähnte Sinusregel wird hinfällig, da sie einen Sinus voraussetzt, der grösser als eins ist und einem imaginären Winkel zugehört.

Die Abhängigkeit des Oeffnungswinkels von der Lage der Objektebene und der Ebene der Eintrittspupille bedingt natürlich, dass seine Grösse wechselt, wenn eine dieser Ebenen auf der Achse verschoben oder der Durchmesser der Eintrittspupille verändert wird. Die Lage der optischen Theile des Mikroskops ist aber ein für allemal feststehend, mithin auch die Lage des Objektpunktes bestimmt. Kleine Verschiebungen desselben werden eine merkliche Veränderung des Oeffnungswinkels nur für diejenigen Systeme zum Gefolge haben, deren Iris weit vor oder hinter der hinteren Brennebene des Systems oder seines vorderen Theiles liegt, so dass die Eintrittspupille als das reelle oder virtuelle Bild der Iris in der Nähe der Objektebene erscheint. Andernfalls, bei Systemen, deren Iris in der Nähe der hinteren Hauptbrennebene oder der hinteren Brennebene des vorderen Theils des Systems liegt, macht sich dieser Einfluss weniger bemerkbar, weil hier die Eintrittspupille vom Objektpunkt weiter entfernt ist.

Für die Leistungen von Systemen mit kleinem Oeffnungswinkel kann die Grösse dieser Winkel selbst als Mass angenommen werden. Bei grösseren Oeffnungen, welche Strahlenkegel grosser Divergenz aufnehmen, ist dies aber keineswegs der Fall, ebensowenig wie bei gleichen Winkeln in verschiedenen Medien. Der Oeffnungswinkel von 100° eines Immersionssystems bedingt beispielsweise eine ganz andere Leistung als der gleiche Winkel eines Trockensystems. Das Mass für

die hier in Betracht kommenden Strahlenmengen sowohl kleiner wie grosser Oeffnungswinkel wird nun bestimmt durch das Quadrat eines zahlenmässigen Ausdruckes, den Abbe die numerische Apertur des Systems nennt, und welcher gleich ist dem Produkte aus dem Brechungsindex des vorderen Mediums und dem Sinus des halben Oeffnungswinkels, $a = n \sin u$.

Die vortheilhafte Wirkung der Immersion ist zufolge diesen Ueberlegungen klar. Bei Anwendung von Wasser als vorderes Medium, dessen Brechungsindex (auf Luft = 1 bezogen) bekanntlich 1,33 ist, wird ein System mit dem gleichen Oeffnungswinkel wie ein Trockensystem in seiner Leistung diesem gegenüber um ebensoviel mal erhöht, wie der Brechungsindex des Wassers dem der Luft überlegen ist, also um 1,33 mal. Genauer gesagt: die Wasserschicht übt dieselbe Wirkung, als ob der Sinus des halben Oeffnungswinkels des Trockensystems im Verhältniss von 1 : 1,33 vergrössert worden wäre. Bei gleichem Oeffnungswinkel und gleicher Brennweite wird also der Durchmesser der austretenden Strahlenbüschel bei der Wasserimmersion im Verhältniss zur Brennweite um 1,33 mal vergrössert. Dieser der Lichtstärke des Bildes zu Gute kommenden Verbreiterung der zugeführten Strahlenbüschel entspricht nach bekanntem Gesetze eine $1,33^2$ mal grössere Lichtmenge. Bei Trockensystemen kann die numerische Apertur den Werth von 1 nicht einmal erreichen. Die Erweiterung der numerischen Apertur über diesen Werth hinaus durch die Immersionssysteme bedeutet aber ferner eine Zufuhr von Strahlenkegeln zum Bilde, die bei der Anwendung von Trockensystemen überhaupt nicht zur Aufsaugung bzw. zur Bildung gelangen, nämlich der durch Beugung im Objekt abgelenkten Lichtbüschel. Dieses Beugungslicht bringt aber einzig und allein gewisse, ein bestimmtes Mass der Feinheit überschreitende Strukturverhältnisse des Objekts zum Ausdruck. Mithin wird durch die Immersion ausser der Helligkeit auch das Abbildungsvermögen des Instruments gesteigert.

Die Vorthelle der Immersion gegenüber den alten Trockensystemen sind hiermit keineswegs erschöpft, es kommt vielmehr noch Folgendes hinzu:

1. Die Korrektur der Abweichungen ist bis zu einem höheren Grade der Vollkommenheit möglich.

2. Der höhere Brechungsindex der Immersionsflüssigkeit bewirkt, dass auch von den unter gewöhnlichen Umständen im Luftraum sich bildenden vom Objekt ausgehenden Strahlen eine grössere Menge aufgefangen wird, als beim Trockensystem der Fall ist. Die Lichtverluste sind bei Einschaltung des Mediums mit höherem Brechungsindex geringer.

3. Bei gleichbleibender Brennweite und bei demselben Oeffnungswinkel kann man den Objektabstand für das System grösser machen.

4. Die Empfindlichkeit des Systems und seiner Korrekturen gegen Schwankungen der Deckglasdicke wird bedeutend vermindert.

Für die Konstruktion der Immersionssysteme sind gewisse Regeln massgebend, die von Amici zuerst in der Grundform seiner Systeme angewendet, und später von Tollens und Spencer, sowie vornehmlich von Abbe weiter ausgearbeitet und verwerthet worden sind.

Es empfiehlt sich, an dieser Stelle eine kurze Uebersicht über die Grundformen der verschiedenen Objektivsysteme einzuschalten, die sich allmählich in den verschiedenen Werkstätten herausgebildet haben und zum Theil auch heute noch im Gebrauch sind.¹⁾ Nach Dippel kann man vier Grundformen unterscheiden, die von den schwächeren zu den stärkeren Systemen fortschreitend in nachstehender Reihenfolge sich gruppieren lassen:

1. Objektivsysteme mit einer Brennweite von 50 Millimeter und mehr bis herab zu 15 Millimeter; Oeffnungswinkel bis herauf zu 35 Grad, entsprechend dem Maximum der numerischen Apertur von 0,30.

Für die längeren Brennweiten werden einfache, achromatische Linsenverbände benutzt, für kürzere Brennweiten zwei Doppellinsen, von denen die vordere die stärkere ist und die hintere die Aberrationsreste des ersten Gliedes ausgleicht.

2. Systeme mit Brennweiten von 16 bis herab zu 6 Millimeter, Oeffnungswinkel bis 60°, numerischer Apertur 0,50.

Diese Systeme bestehen aus drei Gliedern. Nach älterem Typus aus drei zweifachen Doppellinsen oder aus einer dreifachen Vorderlinse und je einer zweifachen Mittel- und Hinterlinse. Die neuere Konstruktion kombiniert eine einfache, plankonvexe Vorderlinse mit je einer zweifachen Mittel- und Hinterlinse.

3. Systeme mit Brennweiten unter 6 Millimeter, Oeffnungswinkel über 60°, numerischer Apertur mehr als 0,50.

Für die Konstruktion dieser und der folgenden Systeme ist die von Amici eingeführte einfache, unachromatische, halbkugelige Frontlinse charakteristisch und unentbehrlich. Die Korrekturen entfallen dabei auf die Hinterglieder. Die nach diesem Typus gebauten Systeme sind entweder starke Trockensysteme oder Wasserimmersionen. Im ersteren Falle bestehen sie aus drei oder vier, im letzteren stets aus vier Gliedern. Das Vorderglied, die halbkugelige Frontlinse, ist bei den Trockensystemen, die höchstens bis zu einem Oeffnungswinkel von 105° bis 115°, entsprechend den

¹⁾ Vgl. die ausführlicheren Darlegungen bei Dippel l. c. p. 117 u. f.
Petri, Mikroskop.

numerischen Aperturen von 0,80 bis 0,85 sphärisch ausreichend korrigirt werden können, kombinirt mit zweifachen Mittel- und Hintergliedern (je eine Bikonvexlinse aus Kron- und eine Plankonvexlinse aus Flintglas) oder einem dreifachen Mittel- oder Hinterglied und je einer plankonvexen oder bikonvexen Vorderlinse.

Die viergliedrigen Systeme dieser Grundform bestehen aus drei zweifachen Hintergliedern und dem halbkugeligen Vorderglied. Die beiden Vorderglieder gehören zusammen, desgleichen die beiden Hinterglieder. Beide Gliederpaare können als gegenübergestellt angesehen werden.

4. Viergliedrige Systeme für Wasserimmersion oder für Oelimmersion (homogene) mit sogenannter Duplexfront.

Diese Systeme erreichen das höchstmögliche Maass der Oeffnung. Sie bestehen aus zwei einfachen, nahe an einander gerückten Kronglaslinsen als Vordergliedern — von denen die Frontlinse halbkugelig und die hintere Vorderlinse bikonvex oder plankonvex ist — und zwei achromatischen zweifachen oder dreifachen Linsenkombinationen als drittes und viertes Glied.

Als fünfte und neueste Grundform der Systeme kommen nun noch die weiter unten zu besprechenden fünfgliedrigen Apochromate hinzu.

Bei allen diesen Konstruktionstypen kommt das von Amici eingeführte, von Tollens, Spencer und vornehmlich Abbe bis zur möglichsten Vollkommenheit der Systeme ausgenutzte Prinzip zur Geltung, die Korrektur der Abbildungsfehler nicht etwa in einem Gliede auszuführen, sondern auf mehrere Glieder zu vertheilen. Dabei werden „die in dem einen Gliede gebliebenen oder absichtlich herbeigeführten Reste der sphärischen und chromatischen Abweichung durch absichtlich herbeigeführte Abweichungen in den anderen Gliedern ausgeglichen“ und „erst in dem letzten Gliede die erreichbar korrekteste, die möglichste Vollkommenheit des Bildes bedingende Strahlenvereinigung herbeigeführt.“ (Dippel.) In der Regel geschieht dies durch Verbindung eines stark unterverbesserten vorderen Linsensystems mit einem überverbesserten nachfolgenden, deren Entfernung von einander der besten Korrektur entsprechend regulirt wird.

Wie erwähnt, war es wiederum Amici, welcher 1829 zuerst auf den Einfluss des Deckgläschens aufmerksam machte, und zur Paralsirung desselben einem Theil seiner Systeme eine feststehende, für bestimmte Deckglasdicken passende besondere Konstruktion gab. Diese Methode der Korrektur für verschiedene Deckglasdicken durch verschiedene Systeme wurde jedoch von anderen

Optikern nur zum Theil acceptirt, man schloss sich vielmehr dem von A. Ross 1837 gewählten Verfahren an, wonach die sogenannten Korrektionsysteme die Linsen nicht in feststehender, sondern in einer an einer Stelle beweglichen Fassung bergen. Die Bewegung wird durch die Einschaltung eines besonderen Schraubstückes ermöglicht und gestattet, die Entfernung zwischen den vorderen und hinteren Linsengruppen des Systems innerhalb gewisser Grenzen zu reguliren. Für dickere Deckgläschen wird die Entfernung verringert, für dünnere vergrößert. Die Ausführung dieses Korrektionsmechanismus geschah zuerst von Ross in der Weise, dass die hintere Linse oder das hintere Linsenpaar feststehend, die Vorderlinsen beweglich montirt wurden. Diese Art wurde von Plössl, Merz, Hartnack und Andern adoptirt und wird auch jetzt noch von einigen Optikern benutzt. Den Vorzug verdient aber die von Wenham¹⁾ angegebene Methode, die Gruppe der Hinterlinsen gegenüber den feststehenden Vorderlinsen verstellbar zu machen, weil dann bei der Benutzung der Korrektionsschraube während der Beobachtung das Bild nicht verschwindet und das Deckglas nicht in die Gefahr kommt, zerdrückt zu werden. Fig. 162 zeigt ein solches Objektiv mit Korrektionsfassung der Firma Zeiss in Jena. Die Figur ist leicht verständlich. Beim Drehen am Korrektionsring *bb* wird das innere Röhrchen, welches unten das hintere Doppellinsenpaar trägt, gesenkt und gehoben und dabei die im Obertheil der Systemfassung angebrachte Spirale zusammengedrückt oder entlastet. Die Theilung aussen giebt die richtige Stellung des Ringes für die verschiedenen Deckglasdicken in Hundertelmillimetern an.

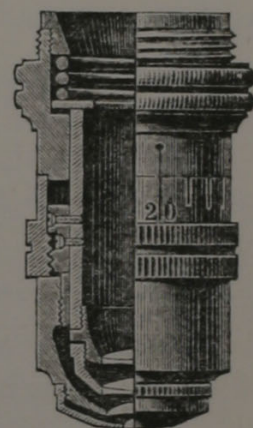


Fig. 162.
Objektiv mit Kor-
rektionsfassung von
C. Zeiss.

Die Objektive in fester Fassung werden von den Optikern meist für eine mittlere Deckglasdicke von 0,15 bis 0,20 korrigirt. Die Firma C. Zeiss giebt an den stärkeren Systemen die genaue Deckglasdicke, für welche das System am besten korrigirt ist, auf der Fassung an. Eine für die Praxis ausreichende Korrektur kann auch durch geringe Verlängerung des Tubus bei zu dünnem, geringe Verkürzung bei zu dickem Deckglas herbeigeführt werden.

Die Wasserimmersionen dürfen als eine ganz wesentliche Verbesserung des optischen Theils unseres modernen Mikroskopes gelten. Sie erfreuen sich dementsprechend auch heute noch einer ausgedehnten Benutzung und die Systeme einiger Firmen, z. B. die Systeme VII für Wasserimmersion der Firma W. E. H. Seibert zu Wetzlar, mit denen R. Koch die stärker vergrößerten Aufnahmen

¹⁾ Quarterly Journal of microscop. Science, Tom. II p. 138.

seiner unübertroffenen Mikrophotogramme im ersten Band der Mittheilungen aus dem Gesundheitsamt (erschienen 1881) angefertigt hat, waren geradezu in den Fachkreisen berühmt. Die numerische Apertur dieser Systeme betrug bei einem Fokus (der äquivalenten Linse) von 1,6 mm 1,10, während Amici nach Harting mit seinem stärksten, um 1855¹⁾ verfertigten Immersionssystem von 1,74 mm Brennweite, einem Objektabstand von 0,4 mm einen Oeffnungswinkel von 160^0 erzielte²⁾. Dippel führt an, dass die Wasserimmersionen E. Hartnack's aus den sechziger Jahren schon eine numerische Apertur von 1,05 erreichten. Die nominellen Oeffnungswinkel vieler älterer Systeme aus den mittleren Jahrzehnten unseres Jahrhunderts sind übrigens mit den gleich bezifferten Winkeln der letzten Jahrzehnte nicht so ohne Weiteres zu vergleichen, denn man verstand damals unter Oeffnungswinkel etwas Anderes, nämlich den Winkel, dessen Scheitel im Fokus des Systems liegt und dessen Seitenlinien die lichte Weite des Systems einfassen. Man unterschied deshalb vielfach diese nominelle Oeffnung von der sogenannten „nutzbaren“ Oeffnung, die natürlich kleiner war³⁾. Angaben über die Brennweiten und Oeffnungswinkel der Objektivsysteme renommirter Mikroskopverfertiger aus den mittleren Jahrzehnten des Jahrhunderts finden sich, abgesehen von den Originalmittheilungen der Firmen in Abhandlungen und Preisverzeichnissen, in den Werken von Harting, Nägeli und Schwendener, Dippel und von Frey. Die optischen Institute suchten in rühmlichem Wettstreit es sich gegenseitig zuvor zu thun, und einer vorzüglichen Kombination der einen Firma folgte alsbald ein noch vorzüglicheres System eines anderen Hauses. Besonders die englischen Optiker fertigten ganz vorzügliche Systeme, die eine Zeit lang auch unter den Kennern des Kontinents als die besten galten. Die grosse Erweiterung und Vertiefung des Einblicks in die Welt im Kleinen, welche die Wasserimmersionen den Mikroskopikern ermöglichten, führten aber noch nicht an die Grenze des Erreichbaren. Die Leistungsfähigkeit des Mikroskopes war noch lange nicht auf den Höhepunkt gebracht worden. Wir haben bekanntlich seitdem schon wieder zwei weitere Stufen zur Vollkommenheit des Mikroskopes erklimmt: die homogene Oelimmersion und die apochromatischen Systeme.

¹⁾ Achille Brachet, *Simplex préliminaires sur le commentaire de la notice du meilleur Microscope dioptrique composé achromatique du professeur Amici*, Paris, 1856.

²⁾ Diesem Winkel würde nach der Formel $a \cdot \sin u$ eine Apertur von nahezu 1,30 entsprechen. Es ist aber bei Harting nicht angegeben, ob nicht die nutzbare Apertur kleiner war.

³⁾ Vgl. die Ausführungen und Messungsmethoden bei Harting l. c. I, S. 287 und folgende.

Es ist schon erwähnt worden, dass zuerst Amici den Werth von Immersionsflüssigkeiten mit höherem Brechungsindex als Wasser richtig erkannte. Brewster hatte sogar noch vor Erfindung der achromatischen Objektivlinsen eine Art Oelimmersion in Vorschlag gebracht. Brewster stellte über die Brechungs- und Abbildungserscheinungen, welche bei der Betrachtung der Objekte durch Kombinationen von Glaslinsen mit Flüssigkeiten verschiedener Brechkraft auftreten, schon im Anfang unseres Jahrhunderts umfassende Versuche an, deren Ergebnisse er 1813 veröffentlichte.¹⁾ Er bildete im Verlauf dieser Arbeiten nicht nur eine neue Methode zur Messung der Refraktion von Flüssigkeiten und festen Körpern mittelst des zusammengesetzten Mikroskopes aus, sondern er konstruirte auch ein solches zur Beobachtung gewisser zarter Objekte, dessen Objektivlinse in die betreffenden Flüssigkeiten eintauchte. Sein Mikroskop benutzte also wirklich die Immersion. Zur Konstruktion dieses Immersionsmikroskopes hatten ihn jedoch nicht optische Gründe, sondern Rücksichten auf die zarte Beschaffenheit gewisser Objekte geführt, die beim Aufbewahren und Betrachten im lufttrocknen Zustande an Ansehnlichkeit und Werth bedeutende Verluste erlitten, wie z. B. feine Behaarungen u. ä. Seine Vorrichtung sollte in erster Linie es ermöglichen, solche Objekte mitten in der geeigneten Aufbewahrungsflüssigkeit zu betrachten. Die Objekte kamen in ein bis drei Zoll tiefe, kleine Glasgefässe mit planparallelem Boden ev. auf einer besonderen Glasunterlage (stage); die geeignete Flüssigkeit war vorher hineingegossen. Das Objektiv bestand aus einer Bikonvexlinse, deren einzutauchende Vorderfläche einen Krümmungsradius von dem neunfachen Betrag der Brennweite hatte, während der Krümmungsradius der anderen Seite nur $\frac{3}{5}$ der Brennweite betrug. Die Fassung der Linse musste so eingerichtet sein, dass sie den Angriffen der Immersionsflüssigkeiten Widerstand leistete. Ausserdem war eine Vorkehrung zum exakten Verschieben des Objektivs gegen das Okular vorhanden, so dass diese Distanz je nach dem Brechungsvermögen der Flüssigkeit variirt werden konnte. Brewster war überrascht von der ausserordentlichen Klarheit der Bilder bei diesem Verfahren, und schrieb dies mit Recht den optischen Verhältnissen der Kombination zu, die er auch rechnerisch zu bestimmen suchte. Dies führte ihn schliesslich zu dem Vorschlag, derartige Immersionen unter Benutzung stark lichtbrechender Oele zur Erzielung der Achromasie zu benutzen. Als geeignet erachtete er acht Oelsorten: Cassia, Anis, Kümmel, Nelken, Sassafras, Fenchel, Minze, Piment (geordnet in absteigender Reihe nach der Grösse des Brechungsvermögens). Die Krümmung der Vorder-

¹⁾ Brewster, A treatise on new Philosophical Instruments etc. (vgl. Lit.) Edinburgh, 1813.

fläche der Linse sollte den Brechungsindices in der Weise angepasst werden, dass, je stärker die Brechung, desto flacher die Krümmung sei.¹⁾

Spencer schlug als Immersionsflüssigkeit das Glycerin vor. Die erste Ausführung von richtigen Oelimmersionen verdanken wir aber dem Zusammenarbeiten von Professor Abbe und den tüchtigsten Kräften der Werkstätten von Dr. Carl Zeiss in Jena. Das Ergebniss der ursprünglich von J. W. Stephenson in London angeregten Bestrebungen war die erste homogene Oelimmersion im Jahre 1878, wiederum ein Ereigniss ersten Ranges in der Entwicklungsgeschichte des Mikroskopes. Die Leser dieser Zeilen sind daran gewöhnt, der Oelimmersion einen hohen praktischen Werth beizumessen und möchten dieses unentbehrlichen Hilfsmittels bei ihren mikroskopischen Arbeiten nicht entrathen. Unmittelbar nach dem Erscheinen der homogenen Immersionssysteme auf dem Mikroskopmarkte waren aber die Ansichten über die Bedeutung der neuen Leistung in manchen Kreisen getheilt, und die volle Erkenntniss ihres Werthes musste sich erst Bahn brechen. Wir sahen schon, dass noch im Jahre 1866 eine Autorität wie Harting der Einführbarkeit des Oels als Immersionsflüssigkeit eine recht skeptische Prognose stellte. Er bezeichnete es geradezu als „ein grosses Wagniss, wenn man kostspielige Linsensysteme mit einer öligen Flüssigkeit in Berührung bringen wollte, die sich doch nur durch Alkohol und Aether wieder fortschaffen lassen würde.“²⁾ Aber selbst nachdem durch die That von Abbe und Zeiss die Ausführbarkeit der Oelimmersion glänzend bewiesen war, gab es noch Zweifler, selbst unter den Fachmikroskopikern. So erwähnt z. B. von Thanhoffer 1880³⁾ zwar die Angabe Abbe's, dass bei den „neuen“ Immersionen von Zeiss das Cedernöl ganz vorzügliche Dienste leiste, nachdem er aber im unmittelbar vorhergehenden Satze die Benutzung eines Oeltropfens zur Immersion als nicht empfehlenswerth bezeichnet hat, „allein schon aus dem Grunde nicht, weil die Linsen nicht rein bleiben, ja geradezu verderben“. Noch im Jahre 1886 weiss Frey in seinem bekannten Buche⁴⁾ neben dem Vorzug der Oelimmersion, dass sie Korrektionsfassungen überflüssig macht, als nachtheilig die Umstände zu erwähnen, dass sie schwer herzustellen ist und dass bei ihrem Gebrauch das Deckgläschen „besudelt“ wird, ja es sollen sogar die Testobjekte nach öfterer Untersuchung mittelst der Immersion „bald ein Ende nehmen“. Ferner sei man für die Zusatzflüssigkeit vom Lieferanten des Instrumentes abhängig. Er schliesst den betreffenden Absatz mit dem Satz: „Wenn man nun aber in der

¹⁾ z. B. für Cassiaöl im Verhältniss von 2,5 : 1, für Fenchelöl 0,8 : 1.

²⁾ l. c. Bd. I, S. 161.

³⁾ von Thanhoffer, Das Mikroskop etc. Stuttgart 1880.

⁴⁾ l. c. S. 45.

Verwendung der homogenen Immersion mit Abbe's Kondensor das ganze Heil der Mikroskopie vielfach gesucht hat, so ist dieses meiner Erfahrung nach eine moderne Uebertreibung.“ Nun, wenn man in den Vortheilen, welche die homogene Immersion der Wissenschaft gebracht hat und noch bringen wird, auch nicht gerade in sanguinischer Uebertreibung das ganze Heil der Mikroskopie sucht, so darf man doch dreist behaupten, dass die Fortschritte in der Erkenntniss des Kleinsten und alles Können, was aus diesem Zuwachs der Erkenntniss entsprungen ist, recht erheblich sind und der Menschheit zum Heil und Segen gereichen. An den Vortheilen der homogenen Immersion nehmen übrigens nicht nur die Wissenschaften von den kleinsten Lebewesen Antheil, sondern in gleichem Masse die Histologie, die Botanik, die Zoologie, die Mineralogie — kurz alle diejenigen Fächer der Mikroskopie, in denen es darauf ankommt, feine Strukturen aufzulösen.

Die Systeme für Oelimmersion werden nach der oben an vierter Stelle beschriebenen Grundform gebaut. Abbe hat über 200 Flüssigkeiten auf ihre Brauchbarkeit zur Immersion geprüft und als eine der geeignetsten das flüchtige Oel aus dem Holze des virginischen Wachholders (*Juniperus virginiana*) erkannt, dessen Brechungsindex 1,51 beträgt, während das Zerstreuungsvermögen nur wenig grösser ist als das des Kronglases. Ausserdem kommen noch in Betracht Copaivbalsamöl ($n = 1,504$), Lösungen von Chlorkadmium und Sulfokarbonat in Glycerin, sowie auch von Chloralhydrat in derselben Flüssigkeit, die auf den gewünschten Brechungsindex gebracht werden können. Auch Mischungen von Cedernholzöl mit $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Fenchel oder Anisöl und etwas reinem Olivenöl, ferner ein Gemisch letzterer drei Oelarten, eine Mischung von Fenchel- und Ricinusöl, Sandelholzöl u. a. sind von anderen Optikern für ihre Systeme eingeführt worden. Neuerdings haben aber alle diese Mischungen an Bedeutung verloren, seitdem es Abbe gelungen ist, durch Einwirkenlassen von Luft und Licht auf das Cedernöl dasselbe auf eine dichtere Konsistenz und einen Brechungsindex von 1,520 zu bringen, ohne eine Steigerung der Dispersion.

Die Leistungen der Oelimmersion sind im Vergleich zu denen der Wasserimmersion im Verhältniss von 1,33 : 1,52, und im Vergleich zu denen der Trockensysteme von 1,0 : 1,52 gesteigert worden. Nach den obigen Ausführungen ist die Lichtstärke und das Unterscheidungsvermögen bei verhältnissmässig grossem Objekt- abstand dadurch erheblich erhöht worden. Vor Allem springt aber der Vortheil in die Augen, dass der Einfluss des Deckgläschens aufgehoben und nunmehr die Anbringung einer Korrektionsfassung überflüssig wird. Da das Cedernholzöl annähernd den gleichen Brechungs-

index wie die vordere Kronglaslinse des Systems hat, und auch das Zerstreuungsvermögen des Oeles von dem des Kronglases wenig differirt, ist die Verbindungsschicht zwischen Objekt und erster brechender Fläche des Systems optisch „homogen“ gemacht. Dadurch fallen nicht nur alle durch Brechung und Reflexion möglichen Lichtverluste fort, welche sonst schon vor dem eigentlichen Beginn der optischen Wirkung des Systems sich geltend machten, sondern es wird auch ein beträchtlicher Theil der sphärischen Aberration schon im Entstehen beseitigt, der sonst in den hinteren Gliedern des Systems unter Hinterlassung der unvermeidlichen Reste hätte korrigirt werden müssen.

Die Mikroskopverfertiger geben ihren Mikroskopen auf Wunsch besondere Probefläschchen bei mit zwei planparallel geschliffenen

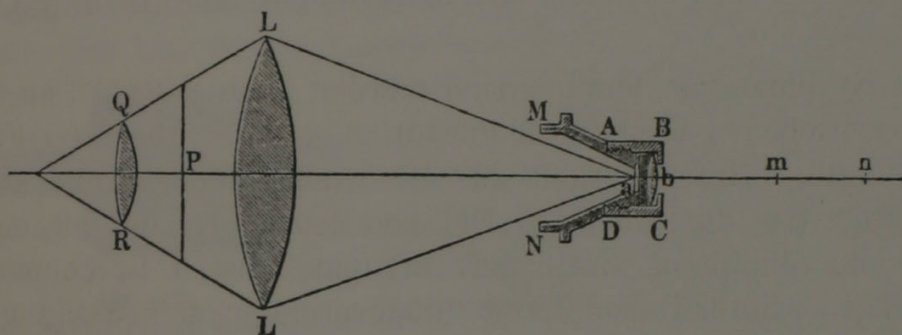


Fig. 163. Vorrichtung Brewster's, 1813, zur Messung der Refraktion von Flüssigkeiten.

Flächen und einem kleinen Kronglasprisma am Glasstabstöpsel. Nach der Füllung mit dem zu prüfenden Oel wird durch das Oel und das Prisma hindurch ein stabförmiger Gegenstand gegen einen hellen Hintergrund beobachtet. Hat das Oel den richtigen Brechungsindex, so erscheinen die Konturen des Stabes ohne Unterbrechung und ohne Farbensäume. Zur Messung des Index reicht dies Verfahren natürlich nicht aus. Dafür giebt es verschiedene Apparate. Brewster hat schon 1813 die lichtbrechende Kraft von Flüssigkeiten, die er für optische Zwecke verwenden wollte, mittelst des in Fig. 163 skizzirten Apparates gemessen¹⁾. MN ist das untere Ende eines zusammengesetzten Mikroskopes, ohne Objektiv. Statt dessen wird die kleine Hülse ABCD, deren Boden die Bikonkavlinse b bildet, aufgeschraubt. Der Tubus ist unten verschlossen durch die planparallele kleine Glasscheibe a. Der Hohlraum zwischen dieser und der Linse wird nun durch zwei kleine seitliche Oeffnungen in deren Fassungshülse mit der zu prüfenden

¹⁾ Brewster, A treatise on new philosophical instruments for various purposes in the arts and sciences. Edinburgh 1813. — Vgl. auch Harting II p. 149 und Martinotti, Vecchi e nuovi strumenti della microscopia, Zeitschrift für wissenschaftl. Mikroskopie 1886, S. 320 ff.

Flüssigkeit gefüllt, und dann das so hergerichtete Mikroskop auf ein Objekt gerichtet; der Abstand desselben von der Frontlinse vor und nach dem Einfüllen der Flüssigkeit geben nun die Werthe, die man in eine ziemlich einfache Formel einsetzt, um den Brechungsindex der Flüssigkeit, auf Luft bezogen, zu berechnen. Je stärker brechend die Flüssigkeit ist, desto weiter muss man behufs scharfer Einstellung den Tubus, dessen Okularapparat etc. natürlich unverändert bleibt, in die Höhe schrauben. In diesem einfachen Experiment ist unschwer das grundlegende Prinzip auch der Oelimmersion zu erkennen. Die von Brewster gefundenen Brechungsindizes vieler Flüssigkeiten fungiren nach Martinotti auch heute noch in den Tabellen zahlreicher physikalischer Handbücher. Eine nur der Form nach verschiedene Methode zur Messung der Brechungsexponenten von Flüssigkeiten wurde 1885 von Smith publizirt.¹⁾ Der kleine, in Fig. 164 skizzierte Apparat besteht in dem 2 cm oben mit einem äusseren, unten mit einem inneren, „normalen“ Schraubengewinde versehenen Zwischenstück, das an den Tubus eines jeden modernen Mikroskops angeschraubt werden kann. Zur Prüfung schraubt man unten ein schwaches System — etwa von 25 mm Brennweite — an und stellt auf irgend ein passendes Objekt scharf ein, während die beiden durch gegenüberstehende Seitenschlitze eingeführten übereinanderliegend planparallelen Platten aus Kronglas die in der Figur angedeutete Stellung haben. Nachdem man den Höhenstand des Tubus nach den dafür geltenden Marken des Mikrometerschraubenkopfes notirt, schiebt man den herausstehenden Theil der Glasplatten so in das Mikroskop hinein, dass die Mitte der kleinen, mit der zu prüfenden Flüssigkeit ausgefüllten, plankonvexen Höhlung der Unterplatte in die Achse des Mikroskops über die Hinterlinse des Objektivs kommt. Behufs genauer Centrirung und zur Abhaltung von schädlichen Randstrahlen befindet sich im Zwischenstück eine Blende. Verschiedenheiten zwischen dem Brechungsindex der Flüssigkeit und dem des Kronglases (1,52) erfordern eine Hebung oder Senkung des Tubus zur feinen Einstellung, deren Betrag abgelesen und zur Berechnung des Index verwendet wird.

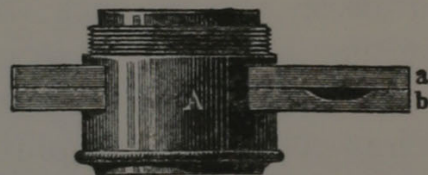


Fig. 164.
Vorrichtung Smith's, 1885, zur Bestimmung der Refraktion von Flüssigkeiten.

¹⁾ Smith, Devise for testing refractive index, Amer. Monthly Microsc. Journ. vol. VI, 1885 p. 181 — Journ. Royal Microsc. Society II vol. V 1885 pt. 6 p. 1066 — Referat von Dippel in Zeitschrift für wissenschaftl. Mikroskopie 1886 S. 68.

Dreizehntes Kapitel.

Das Mikroskop in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts.

(Fortsetzung.)

Apochromate.

So gross auch der Fortschritt war, den die Erfindung der Immersion, insbesondere der Oelimmersion mit sich brachte, es blieben doch noch gewisse Abbildungsfehler auch dieser Systeme übrig, deren Beseitigung zur Vervollkommnung des mikroskopischen Bildes äusserst erstrebenswerth erschien. Abbe, der in rastlosem Streben dies klar durchschaut hatte, ruhte nicht, bevor er den Schritt zu dieser Abhülfe auch wirklich ausgeführt. Auf die Beseitigung der von ihm als sekundäre chromatische Abweichung bezeichneten Fehler, sowie der durch die chromatische Differenz der sphärischen Aberration bedingten Farbenreste war seit 1879 das Streben Abbe's unablässig gerichtet. Die Wichtigkeit dieser Arbeit und vor Allem ihr glänzendes Resultat, dessen wir uns nun schon länger als ein Jahrzehnt erfreuen, rechtfertigt eine kurze Darlegung der Geschichte der Erfindung.

Die Apochromate haben in gewissem Sinne eine Vorgeschichte, insofern sie nämlich der Verwendung besonderer Glassorten ihre Entstehung verdanken. Bekanntlich ist man seit jeher bemüht gewesen, für die Linsen der Mikroskope die besten, fehlerfreiesten und durchsichtigsten Glasflüsse zu benutzen. Man suchte bei der Fabrikation der Gläser durch langsames Abkühlen der Flüsse deren Homogenität nach Kräften zu erhöhen. Priestley berichtet uns 1776 in seiner Geschichte der Optik, dass H. Mecklin zufällig entdeckte, dass Glas, geschmolzen bei einer Feuersbrunst, in Folge sehr langsamer Abkühlung besonders homogen war; er gab auf Grund dieser Beobachtung besondere Methoden an, solche Gläser zu verfertigen. Der verdienstvolle Amici benutzte zu seinen stärksten Objektivsystemen sechs verschiedene Glassorten. Die Differenzen derselben im Brechungs- und Dispersionsvermögen nutzte er nach Möglichkeit aus zur Korrektur der Abbildungsfehler. Unter diesen Glassorten befand sich auch, wie wir oben kurz erwähnten, der von Faraday angegebene, aus einer Verbindung von kieselsaurem und borsaurem Blei bestehende Glasfluss. Eine aus diesem Material hergestellte Plankonvexlinse bildete ein Element des 1844 von ihm in England vorgeführten neuen Objektivs von 3,6 mm Brennweite und

116° Oeffnungswinkel (Quekett). Die Bestrebungen, andere Gläser als das übliche Kron- und Flintglas von verschiedenem Brechungs- und Zerstreuungsvermögen dem Dienste des Mikroskopes nutzbar zu machen, haben seitdem nicht aufgehört. Sie schlossen an und vereinigten sich mit den mehrfach erwähnten Bemühungen, neben dem Glas- auch andere, durchsichtige, stark lichtbrechende Körper, wie Edelsteine, Oele etc., einzuführen.

Alle diese Versuche zeigten kein für die grosse Praxis der Mikroskopie verwerthbares Ergebniss. Erst die zielbewusste Wiederaufnahme des Problems durch Abbe war dazu ausersehen. Abbe hatte erkannt, dass eine Beseitigung der erwähnten sekundären Abweichungen und der bei den bis dahin üblichen Korrektionsverfahren unweigerlich verbleibenden Restfehler nur durch eine von einander unabhängige Korrektion sowohl der sphärischen als der chromatischen Abweichung möglich ist. Weil nun die Verfertigung darauf abzielender neuer Gläser zunächst von geringer Aussicht erschien, versuchte er die Benutzung starkbrechender Flüssigkeiten im Innern der Systeme, also das später von Zenger „Endomersion“ genannte Verfahren, welches in gewisser Beziehung in den alten, resultatlos verlaufenen Versuchen von Hooke, Brewster, Harting Vorläufer hatte. In ähnlicher Weise versuchte nach Dippel¹⁾ Blair schon am Ende des vorigen Jahrhunderts, die chromatische Aberration der Fernrohrobjektive durch Verwendung von Kronglas mit Terpentin und Naphtha zu korrigiren, deren Brechungsindex und Dispersionen verschieden sind. In den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts konstruirte Barlow ein Fernrohrobjectiv aus einer Bikonvexlinse von Kronglas und einem bikonkaven mit Schwefelkohlenstoff gefüllten Gefäss, ohne jedoch vollständige Achromasie zu erreichen. Auch die etwa drei Jahrzehnte später von Hasert angestellten Versuche, die Trockenobjektive der Mikroskope durch Einschaltung von Flüssigkeiten zu verbessern, führten zu keinem brauchbaren Resultat. Dies war nach den Ausführungen von Abbe auch nicht anders zu erwarten, da eine Beseitigung des als chromatische Differenz der sphärischen Abweichung von ihm bezeichneten Restes der Farbenabweichung vermittelst jener Methoden theoretisch nicht erreicht werden konnte, weil sie beide Aberrationen auf einem Wege beseitigen wollten.

Abbe schlug nun 1879 zur Erreichung des Zieles zwei getrennte, sich schliesslich vereinigende Wege ein,²⁾ indem er Objektive mit

¹⁾ Dippel, Endomersions-Objektive. Zeitschrift für wissenschaftl. Mikroskopie, Bd. I 1884, p. 485.

²⁾ Abbe, On new methods for improving sphaerical correction, applied to the Construction of wideangled object-glasses. Journ. R. Microsc. Soc. London 1879, p. 812.

Flüssigkeiten konstruierte, in denen das flüssige Medium nicht etwa, wie bei den Vorgängern, das Flintglas ersetzen sollte, sondern er behielt letzteres gleichfalls bei. Nach seinen Angaben wurden in der Werkstatt von C. Zeiss solche Objektive gefertigt. Dippel beschreibt deren zwei: ein Trockensystem (1873), aus vier Gliedern von 6 mm Brennweite und 0,80 num. Apertur (106° Öffnungswinkel) mit drei üblichen Vorderlinsenkombinationen und einer Hinterlinse aus drei Elementen, von denen das mittlere ein zwischen die anderen beiden Elemente von Kron- und Flintglas eingeschlossener Flüssigkeitsmeniskus von Cassiaöl mit Anisöl gemischt ($n_v = 1,58$) (vergl. Fig. 165) ist. Das andere System, für Wasserimmersion (1876), mit 3 mm Brennweite, 1,15 num. Apertur (119° Öffnungswinkel in Wasser) hat die Einrichtung der „Duplexfront“ (vergl. oben); der Flüssigkeitsmeniskus der hinteren Linsencombination besteht aus Zimmt-Aldehyd. Das Wesentliche dieser Kombination besteht in

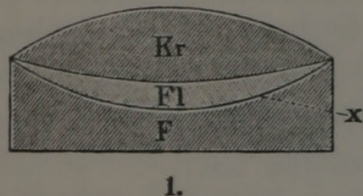


Fig. 165. Linse nach Abbe aus Kron-
glas (Kr), Flintglas (F) und Flüssigkeits-
meniskus (Fl).

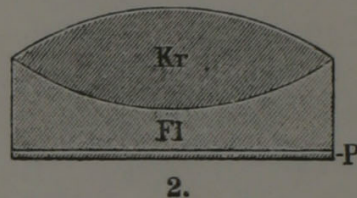


Fig. 166. Linse nach Zenger aus Kron-
glas (Kr) und einer plankonkaven
Gallertlinse (Fl).

der Kombination dreier Elemente, Fig. 165, deren mittleres der Meniskus einer Flüssigkeit ist von sehr hoher Dispersion und dementsprechend stark gedehntem Blau, aber verhältnismässig niedrigem Brechungsindex, $n_v = 1,58$ bis $1,62$. Die Fläche x einer derartigen Kombination wirkt in Bezug auf die Farbenzerstreuung entgegengesetzt, wie eine entsprechende Trennungsfläche zwischen Kron- und Flintglas, während die Wirkung auf die sphärische Abweichung gleichartig ist. Die im Sinne der Dehnung des Blau überstarke, sekundäre Abweichung der Flüssigkeitslinse ergänzt mithin die zu geringe Dehnung des Blau der Kronglaslinse. So wird erstens die sekundäre Farbenabweichung erreicht und zweitens die chromatische Differenz der sphärischen Abweichung beseitigt. Leider stehen der praktischen Verwendung solcher Linsen Unzuträglichkeiten im Wege, weshalb ihre Herstellung nicht weiter betrieben worden ist, zumal dies bessere Erfolge auf anderem Wege unnötig machten. Professor Zenger nahm 1882 diese von ihm „Endomersion“ genannten Verfahrungsweisen wieder auf, versuchte aber — entgegen den Abbe'schen Ausführungen — durch Verbindung nur zweier Elemente, einer Kronglaslinse und einer plankonkaven Gallertlinse, Fig. 166, das Ziel zu erreichen. Die wasserhelle,

amorphe Gallerte bestand aus Gemengen von Stearinöl, palmitinsäuren Salzen, Benzol, Anethol, Rizinus- und Mohnöl, sowie anderen flüchtigen und fetten Oelen. Trotz einiger günstig lautender Angaben über die Leistung dieser Zenger'schen Erfindung zweifelt Dippel schon aus den berührten theoretischen Gründen an deren durchschlagendem Erfolg, und es ist seitdem weiter darüber nichts bekannt geworden.

Inzwischen war die „rettende That“ durch gemeinsame Arbeit von Professor Abbe, Dr. O. Schott und C. Zeiss längst vorbereitet¹⁾. In der Schlussbemerkung seines Berichtes über die Mikroskope der South Kensington Ausstellung 1878 hatte Abbe die schlechten Eigenschaften der optischen Gläser gerügt und genauere Studien darüber verlangt. Dr. O. Schott in Witten, langjährig thätig als Chemiker in der Glasfabrikation, setzte sich 1881 auf die erwähnte Anregung hin mit Abbe in Verbindung und es kamen gemeinsame Arbeiten Beider in Witten und Jena, seit der Uebersiedelung Schott's 1882 nach Jena, weiter in dem dort errichteten glastechnischen Laboratorium zur Ausführung. Es sollten neue Glassorten erzeugt werden mit Unterschieden in der Beschaffenheit gegenüber den alten Glassorten nach vornehmlich zwei Richtungen hin:

1. Während bei den Unterschieden der alten Gläser sich Brechungsindex und Dispersion ziemlich gleichmässig in einer Linie bewegen, sollten die Verschiedenheiten der neuen Sorten eine Fläche von gewisser Breite umfassen, so dass bei gleichem Brechungsindex (n) die Werthe der Dispersion (Δn) möglichst verschieden seien, und umgekehrt.

2. Behufs Lösung des Problems des sekundären Chromatismus sollten Gläser gesucht werden, bei denen die Dispersion zwar relativ verschieden, aber für die verschiedenen Theile des Spektrums möglichst proportional sei.

Schon vor Abbe und Schott hatten W. Harcourt und G. G. Stokes an demselben Problem gearbeitet, aber ihre nur unbestimmt veröffentlichten Versuche konnten nicht benutzt werden. Die erste Grundlage zur neuen Arbeit bildeten vielmehr kleine Mengen gut homogener Glasflüsse, die Schott in Witten bei seinen ersten Versuchen erhielt, und die zu genauen Messungen der Refraktion und Dispersion auf photometrischem Wege ausreichten. Man gewann alsbald die Erkenntniss, dass bestimmte Aenderungen der chemischen Zusammensetzung in dem optischen Verhalten einen prompten Ausdruck fanden. Im Laboratorium zu Jena wurden die Versuche fort-

¹⁾ „The new objectives“, Journ. Royal Microsc. Society Ser. II vol. VI 1886 pt. 2 p. 316. — Referat darüber von Behrens in Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie, 1886, p. 224.

gesetzt und auf alle in Betracht kommenden Elemente ausgedehnt. Die Menge der Versuchsprismen bezifferte sich 1883 schon auf 1000. Um unabhängig vom Wetter zu sein, wurden zu den Messungen die fünf besonders hellen Spektrallinien $K\alpha$, $H\alpha$, $N\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$ nach besonderen Methoden Abbe's benutzt. Gegen Ende 1883 war das Programm der Laboratoriumsarbeiten erschöpft und es sollte das Ergebniss zur Anregung der fabrikmässigen Darstellung neuer optischer Gläser veröffentlicht werden. Auf den Rath bedeutender Astronomen und Physiker unterblieb dies und Abbe und Schott gingen selbst daran, ihre Resultate praktisch zu verwerthen; durch Verwendung jener Kapazitäten stellte die preussische Regierung zur Fortführung der Versuche und zur Errichtung einer Fabrik für optisches Glas¹⁾ unter den liberalsten Bedingungen die Summe von 60 000 Mark zur Verfügung. Das Etablissement wurde 1884 errichtet, und im September dieses Jahres konnte der neue Schmelzofen angeheizt werden. In der Werkstatt von C. Zeiss waren die ersten Objektive aus den neuen Glasflüssen schon 1883 fertiggestellt worden. Die Umwandlung der Glasfabrikation in ein Institut auf staatlich subventionirter Grundlage inhibirte zunächst den Vertrieb der neuen Systeme; die ersten beiden, welche in der Literatur beschrieben sind, gingen nach England. Sie enthalten zehn Linsen, von denen nur zwei aus siliciumhaltigem Glase, die acht anderen aus Borat- und Phosphatglas bestehen. Während die bis dahin üblichen Kron- und Flintglasgläser als wesentliche Bestandtheile nur sechs Elemente aufweisen (O, Ca, K, Na, Pb, Si), bringen die neuen Systeme deren vierzehn.

Die Leistungen der Apochromate sind nun im Vergleich mit denen der alten Achromate durch die Erfüllung der oben genannten beiden Postulate in nachstehenden Richtungen erhöht worden:

1. Sie vereinigen in den einzelnen Bildpunkten die Strahlen dreier verschiedener Farben, so dass nur noch ein wenig störendes tertiäres Spektrum unkorrigirt bleibt, während die alten Objektive nur zwei Farben auf denselben Fokus bringen und ein sekundäres Spektrum unkorrigirt lassen.

2. Die sphärische Aberration ist für zwei verschiedene Farben korrigirt, so dass sowohl in der Nähe der Achse wie am Rande die chromatische Differenz der sphärischen Abweichung beseitigt ist. Die alten Systeme sind für die rothen Strahlen sphärisch unkorrigirt, für die blauen überkorrigirt.

3. Die Differenz der Vergrösserung in verschiedenen Zonen der freien Objektivöffnung, welche darin beruht, dass trotz vollkommener

¹⁾ Eine solche Fabrik gab es bis dahin in ganz Deutschland überhaupt noch nicht (Behrens, l. c.).

Behebung der sphärischen Aberration in der achsialen Zone alle zur Achse mehr oder weniger geneigten, durch die peripheren Theile gehenden Strahlenbündel zu Bildern von einer anderen Linearvergrösserung vereinigt werden, als die von demselben Flächenelement der Objektebene mittelst centraler Lichtbüschel erzeugten Bilder, ist in den Apochromaten bis auf einen praktisch irrelevanten Rest beseitigt (Behebung der Konvergenzfehler). Bei den alten Objektiven von grosser Oeffnung liegen die Vereinigungspunkte solcher Lichtbüschel von verschiedener Neigung zur Achse vor- und hintereinander.¹⁾

Mithin sind die Leistungen der apochromatischen Objektive schon hinsichtlich dieser drei Punkte als ganz ausserordentliche zu bezeichnen. Die von Abbe als Abweichungsfehler der Fokalkwirkung bezeichneten Mängel:

1. die sphärische Abweichung,
2. die chromatische Abweichung,
3. die chromatische Differenz der sphärischen Abweichung

werden so gut wie vollständig beseitigt. Aber auch von der zweiten Klasse der Abweichungsfehler, den Fehlern der Flächenausbreitung oder der Vergrösserung, werden die störendsten durch die Apochromate, und zwar durch die Verbindung apochromatischer Objektive mit besonderen sogenannten Kompensations-Okularen in einem für die Praxis ausreichenden Maasse kompensirt. Die hauptsächlichsten Abweichungen zweiter Klasse sind (Dippel):

1. Echte Vergrösserungsfehler.
 - a) Unterschiede der Vergrösserung in den verschiedenen Zonen des Systems; verschiedene Grösse der Bilder, welche von demselben Flächenelement der Objektebene durch Strahlenbüschel von verschiedener Neigung zur Achse entworfen werden; Konvergenzfehler.
 - b) Die chromatische Differenz der Vergrösserung. Verschiedene Brennweite für verschiedene Farben.
2. Sphärische Abweichung ausser der Achse. Die von demselben Flächenelement durch Strahlenbündel von verschiedener Neigung zur Achse entworfenen Bilder liegen hinter- und nebeneinander.
3. Wölbung des Sehfeldes. Die den Objektpunkten ausserhalb der Achse entsprechenden Bildpunkte liegen in anderen Ebenen, als die der in der Nähe der Achse gelegenen Objektelemente. Mithin weicht die scharfe Einstellung für die

¹⁾ Vergl. darüber auch Dippel, Das Mikroskop, 1. Theil (Handbuch der allgemeinen Mikroskopie) p. 216 ff.

Peripherie des Gesichtsfeldes von der für die Mitte geltenden ab.

4. Verzerrung des Bildes. Die Abstände zugeordneter Punkte in zugeordneten Ebenen des Objekt- und des Bildraumes von der Achse sind nicht mehr proportional. Es beruht dies auf mangelhafter Konvergenz der Strahlen in Bezug auf die Schnittpunkte der Achse mit der Eintritts- und der Austrittspupille des Systems. Möglichste Verzerrungslosigkeit und dadurch bedingte Aehnlichkeit des Bildes wird aber erzielt, wenn die Tangenten derjenigen Winkel, welche die durch jene Mittelpunkte der beiden Pupillen (orthoskopische Punkte) gehenden Hauptstrahlen bilden ein konstantes Verhältniss aufweisen.
5. Astigmatische Differenz der Vereinigungsweite. Auf centriscche Strahlenbüschel übt die Krümmung der Linsenfläche in zu einander senkrecht stehenden Meridianen ungleiche Wirkung aus. Die dadurch bedingten Vergrößerungsfehler vermischen sich in der Praxis völlig mit den übrigen Anomalien.

Von diesen Fehlern der zweiten Klasse werden einige — die unter 1a und 2 aufgeführten — nun schon durch die Konstruktion der Apochromatobjektive selbst bis auf praktisch unerhebliche Reste beseitigt. Die unter 1b erwähnte chromatische Differenz der Vergrößerung für verschiedene Farben lässt sich durch eine praktisch vortheilhafte Konstruktion der Objektive allein nicht fortschaffen. Zur Behebung dieses Fehlers hat Abbe die Objektive vielmehr so konstruirt, dass ein Ausgleich durch die Okulare ermöglicht wird. Während bei den alten Objektiven dieser Fehler in den verschiedenen Zonen der Oeffnung von verschiedenem Betrag ist, wird die Grösse des Fehlers bei den Apochromaten für alle Zonen auf einen gleichen Betrag abgeglichen, und nun kann die Korrektion durch die Okulare erfolgen. Objektive mit kleiner Oeffnung zeigen den Fehler auch bei den alten Konstruktionen so gut wie gar nicht. Damit daher dieselben Okulare auch bei den schwachen Systemen Verwendung finden können, wird bei diesen jener Fehler in gleicher Höhe absichtlich herbeigeführt.

Auch die unter 3 und 4 aufgeführten Vergrößerungsfehler sind in den Apochromaten besser als in den alten Objekten korrigirt.

Die höhere Ordnung der Achromasie ist von Abbe als „Apochromasie“ bezeichnet worden. Sie ermöglicht nach dem Vorstehenden eine wesentlich vollkommnere Lichtkonzentration und hat für die praktische Verwendung der Systeme namentlich folgende Vorthteile:

Erstens gestatten die Apochromate die Ausnutzung der Oeffnung zu ihrem vollen Betrage. Ihr Abbildungsvermögen erreicht mithin einen weit höheren Grad als das der älteren Systeme, bei denen in gewisser Beziehung eine Vergrösserung der Apertur leere Vergrösserungen hervorbrachte. Sie verhalten sich also wie entsprechende Objektive gewöhnlicher Art mit merklich grösserer numerischer Apertur.

Zweitens: Die natürlichen Farben der Objekte werden in den feinsten Abstufungen getreu wiedergegeben, weil die geringe Lichtstärke des noch verbliebenen tertiären Spektrums dies nicht stört.

Drittens vertragen die Apochromate weit stärkere Okularvergrösserung als die alten Systeme. Mithin kann eine stärkste Vergrösserung schon durch Systeme von geringerer Brennweite erzielt werden. Die sehr kleinen Brennweiten, die in mehrfacher Beziehung unpraktisch sind, werden überflüssig. Während für Trockensysteme mit grosser numerischer Apertur die Okularvergrösserung nicht über das 4 bis 5fache, für Wasserimmersionen nicht über das 6 bis 7fache, für die Oelimmersionen nicht über das 8fache gesteigert werden darf, ja für die wünschenswerthe Bildschärfe sogar auf das 4 bis 5fache bzw. 6fache herabzusetzen ist, vertragen selbst die stärksten Apochromate eine 12 bis 15fache und für die kürzeren Brennweiten eine noch stärkere Ueervergrösserung.

Viertens erscheinen die mit den Apochromaten und Kompensationsokularen gelieferten Bilder im ganzen Gesichtsfelde gleichmässig farbenrein und von gleicher Schärfe.

Ueber die ausserordentlichen Vorthelle dieser Systeme für die Mikrophotographie soll an einer anderen Stelle im Zusammenhange berichtet werden. Im engen Rahmen dieses Werkchens ist das nicht wohl möglich.

Der hohe Werth der Apochromate im Vergleich zu anderen optischen Systemen erhellt auch aus nachstehendem Vergleich.¹⁾ Die Ordnung der Strahlenvereinigung, welche in einem optischen System verwirklicht wird, bestimmt man nach dioptrischem Sprachgebrauch durch die Zahl, welche angiebt, wie viele nach Einfallsrichtung oder Brechbarkeit verschiedene Strahlen in vollkommener Strenge an einem Punkte der Achse vereinigt werden. Von dieser Zahl sind die Abweichungen der übrigen Strahlengattungen, also die Restfehler des Systems abhängig. Die einfache Glaslinse repräsentirt auf ihrer Achse eine Strahlenvereinigung erster Ordnung. Die meisten Fernrohrobjektive zeigen eine solche dritter Ordnung; die nach Fraunhofer und Gauss konstruirten erreichen die vierte Ordnung. Die

¹⁾ Abbe, Ueber neue Mikroskope, Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft, 20. Bd., Suppl.-Heft 1, (Sitzungsberichte 1886) S. 107.

Apochromate nach Abbe mit höchster Apertur repräsentiren dagegen eine Strahlenvereinigung von nicht weniger als elfter Ordnung.¹⁾

Die neuen Glasflüsse des durch staatliche Unterstützung ins Leben gerufenen glastechnischen Laboratoriums sind jedoch nicht nur der Firma C. Zeiss zu Gute gekommen, sondern es werden die Gläser im freien Verkauf an jede Werkstatt nach Bedarf abgegeben. Dementsprechend sind den ersten Apochromaten von C. Zeiss im Verlauf des letzten Jahrzehnts auch solche von anderen Firmen gefolgt, und einige derselben, z. B. die von Leitz und Seibert & Kraft erfreuen sich gleichfalls eines wohlbegründeten guten Rufes.

Die ersten Apochromate waren aus wenig widerstandsfähigem Glas gemacht. Zur Zeit ist dieser Mangel durch die Einführung von Gläsern mit grösserer Widerstandskraft beseitigt worden. Ja, neuesten Informationen zufolge sollen die Apochromate jetzt so widerstandsfähig sein, dass sie — gute Behandlung vorausgesetzt — auch das Tropenklima gut vertragen, was man von den älteren Apochromaten nicht behauptete.

Die Apochromate bilden in gewissem Sinne das Schlussglied in der Reihe der homogenen Immersionen mit Frontlinsen aus Kronglas vom Brechungsindex von ca. 1,52. Was die Apochromate mehr leisten als die alten homogenen Immersionen, ist optisch als eine Verbesserung in qualitativem Sinne zu erachten. Das Plus von Strahlenkegeln, welches durch die apochromatische Konstruktion im Bilde vereinigt wird, dringt auch bei den alten homogenen Immersionen in das System ein, allerdings ohne für das Bild in Betracht zu kommen; es gerieth durch die unvollkommene Konstruktion zu Verlust. Aus dem oben über die Oelimmersion Gesagten erhellt aber, dass eine Verbesserung der Objektive auch nach der quantitativen Seite hin möglich ist, oder mit anderen Worten, dass es unter Verwendung von Medien mit höherem Brechungsindex als 1,52 gelingen muss, noch mehr Strahlenkegel durch das System hindurchzuführen, also den Inhalt des Bildes zu vermehren. Die Verwirklichung einer solchen Möglichkeit hing ab erstens von der Beschaffung einer brauchbaren Immersionsflüssigkeit von höherem Index und zweitens von der Durcharbeitung des ganzen Systems nach der bei den Apochromaten befolgten Konstruktion.

Beides ist wiederum 1888 Abbe gelungen. Zum Verständniss des betreffenden Systems diene Folgendes: Die obere Leistungsgrenze der Apochromate in Bezug auf die Quantität der zum Bild zu ver-

¹⁾ Zu der Vereinigung erster Ordnung kommen noch die Vereinigungen nachfolgender Art hinzu: Beseitigung der chromat. Abweichung und ihrer Differenz = 2, der sphärischen Aberration und ihrer chromatischen Differenz = 6, gleiche Vergrößerung für die verschiedenen Zonen = 2; zusammen also elf Strahlen.

einigenden Strahlenbündel wird durch die Apertur des Systems von in maximo etwa 1,45 gesetzt. Ueber diesen Grenzwert kommt man mit den alten Materialien nicht hinaus. Nach der Formel für die Apertur, $a = n \cdot \sin. u$ mit $n = 1,52$ und $\sin. u$ kleiner als 1, bleibt ein höherer Werth ausgeschlossen. Soll nun gehoben werden z. B. auf 1,6, so muss n , der Brechungsindex der Frontlinse und aller vor derselben gelegenen Medien (Immersionsflüssigkeit, Deckglas, Einbettungsmittel, Objektträger etc.) entsprechend erhöht werden, denn $\sin. u$ muss stets kleiner als 1 bleiben, und der Oeffnungswinkel $2u$ kann aus praktischen Gründen (Deckglasdicke etc.) kaum grösser als 150° sein. Abbe führte nun die Konstruktion für ein solches System mit $a = 1,60$ aus. Als Immersionsflüssigkeit dient Monobromnaphthalin, mit dem Index von ca. 1,66. Die überhalbkugelige Frontlinse ist aus Konstruktionsrücksichten von Flintglas¹⁾ mit dem Brechungsindex von 1,72. In dem im Uebrigen wie die Apochromate hoher Apertur konstruirten System folgt auf die Frontlinse eine achromatische Doppellinse; dies Vordertheil ist verbunden mit der Hinterkombination: eine einfache Kronglaslinse, zwei achromatische Glieder, davon eins aus zwei, eins aus drei Elementen bestehend. In dreien dieser Glieder ist die Kronglaslinse durch eine solche aus Flussspath ersetzt. Die Brennweite beträgt 2,5 Millimeter. Selbstverständlich darf weder Deckglas noch Objektträger von gewöhnlichem Glas mit 1,52 Index genommen werden, da für alle Schichten vor der Frontlinse der zur Erzielung der hohen Apertur erforderliche Brechungsindex von 1,66 als Minimalwerth gilt. Man hat also besondere, sorgfältig aus Flintglas geschliffene Deckgläser und Objektträger zu verwenden. Als Einbettungsflüssigkeit für das Präparat ist eventuell Monobromnaphthalin zu brauchen. Dies reicht aber für viele Zwecke nicht aus, wie nachstehende Ueberlegung zeigt. Ungefärbte, durchsichtige Objekte werden an der Hand ihrer sogenannten Strukturbilder studirt. Je reicher der Inhalt dieser Bilder, desto vollkommener und der Wirklichkeit sich nähernd wird unsere Kenntniss von den Objekten. Nun hängt der Inhalt des Bildes nicht allein von der Fähigkeit des Mikroskopes ab, die vom Objekt ausgehenden Strahlenbündel möglichst vollständig nach Art und Zahl zum Bild zu vereinigen, sondern in erster Linie ist dafür Sorge zu tragen, dass beim Durchgang des zur Abbildung auszunutzenden Beleuchtungs-

¹⁾ Vergl. Dr. S. Czapski, Ueber ein System von der Apertur 1,60 (Monobromnaphthalin), hergestellt nach Rechnungen von Professor Abbe in der optischen Werkstätte von Carl Zeiss, Zeitschrift für wissensch. Mikrosk. 1889, Bd. VI, S. 417 ff. — Die Frontlinse dieser Systeme kann schon deshalb nicht aus Kronglas vom Index 1,52 genommen werden, weil dann die im stärker brechenden Monobromnaphthalin entstehenden Lichtbündel, auf deren Einfangung es gerade ankommt, durch Totalreflexion verloren geht würden.

lichtes durch das Objekt möglichst zahlreiche, differente Strahlenkegel überhaupt entstehen. Nur so können die feineren Details ungefärbter Objekte zur Perzeption gelangen. Bekanntlich wird die Bildung geeigneter Strahlenbündel durch die Anwendung eines besonderen Beleuchtungsapparates unterstützt. Weiteres darüber bringt das nächste Kapitel. Hier ist zum Verständniss der Monobromnaphthalinimmersion noch auf die Wirkung der Einbettungsflüssigkeit in Kürze einzugehen. Die Strukturdetails zarter, ungefärbter Objekte können im durchfallenden Licht nur dann die Bildung der vorerwähnten Strahlenkegel anregen, wenn das Einbettungsmedium einen anderen Brechungsindex als das Objekt selbst hat. Für die Immersionssysteme ist man daher aus den oben entwickelten Gründen gezwungen, die Objekte in Flüssigkeiten einzubetten mit höherem Brechungsindex als die Immersionsflüssigkeit. Luft ist ausgeschlossen. Nun steht Menge und Art der abbildenden Strahlenkegel in direktem Verhältniss zu der Zahl, welche den Unterschied angiebt zwischen dem Brechungsindex des Objectes und dem des Einbettungsmediums. Je grösser diese Differenz, desto mehr Inhalt bekommt ceteris paribus das Bild. Handelt es sich — um ein Beispiel, das hier besonders in Betracht kommt, herauszugreifen — um die Auflösung einer zarten Diatomeenfrustel, so hat das Objekt einen Index von etwa 1,43.¹⁾ Betten wir in Wasser ein mit dem Index 1,33, so können wir die Differenz 10 als ein Maass auffassen für die „Sichtbarkeit“ dieses Objectes unter diesen Verhältnissen. Nehmen wir statt Wasser Kanadabalsam mit dem Index 1,54, so beziffert sich die Sichtbarkeit auf 11. Im Monobromnaphthalin ($n = 1,66$) beträgt sie 23. Van Heurck widmete diesem Studium ganz besonderen Fleiss, und es ist ihm gelungen, die neuen Zeiss'schen Monobromnaphthalin-Immersionen durch Benutzung von Einbettungsflüssigkeiten von noch höherem Index für die Zwecke der Diatomeenkunde voll auszunutzen. Die von ihm benutzten Einbettungsflüssigkeiten sind: Jodmethyl (Index 1,743), ferner: eine Lösung von Schwefel in dieser Flüssigkeit, wodurch ihr Index auf 1,787 erhöht wird, dann Mischungen von Schwefelarsen mit Bromarsen, die Professor H. L. Smith in Vorschlag gebracht hat mit Indizes von 2,1 bis 2,4. Die (bei van Heurck nachzusehende) Darstellung solcher Gemische ist allerdings zeitraubend und wegen der dabei entweichenden giftigen Dämpfe nur von Sachkundigen vorzunehmen. Darin eingebettete Diatomeen zeigen aber mit den Monobromnaphthalinsystemen Einzelheiten, welche die Oel-Apochromate nicht zu erkennen geben, und rechtfertigen daher die auf sie gesetzten Hoffnungen. Für die allgemeine mikrobiologische Forschung sind die Systeme aber zu ent-

¹⁾ Vergl. dazu van Heurck, l. c. pag. 260 u. f.

behren. Zur Ergänzung des Gesagten sei noch erwähnt, dass die volle Ausnutzung der Systeme besonders für schrägeinfallende Strahlen nur dann möglich ist, wenn die Frontlinse auch des Beleuchtungsapparates aus Flintglas besteht, und zwischen ihr und dem Objektträger die Verbindung durch Monobromnaphthalin hergestellt wird. Uebrigens sind diese Systeme nicht mehr als homogene zu bezeichnen, da ja die Indizes der Frontlinse und des Deckglases mit 1,72 vom Index der Immersionsflüssigkeit 1,66 um den Betrag von ca. 0,06 differiren. Mithin sind die Systeme gegen Aenderungen in der Schichtendicke der vorderen Medien sehr empfindlich und werden daher für bestimmte Dicken konstruirt, die bei der Arbeit inne zu halten sind.

Die Zukunft wird nun zeigen, ob es sich lohnt, auf diesem Wege noch weiter zu gehen und Systeme für Medien mit höherem Index als Monobromnaphthalin anzuwenden. Die Konstruktion ist nach Czapski recht wohl möglich, da Frontglaslinsen mit höherem Index jederzeit herzustellen sind. Van Heurck bezeichnet das Jodmethyl als die demnächst zu berücksichtigende Immersionsflüssigkeit; Czapski verspricht sich einen nennenswerthen Fortschritt erst bei Auffindung einer Flüssigkeit vom Index 1,8 bis 1,9.

Vierzehntes Kapitel.

Das zusammengesetzte Mikroskop in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts.

(Fortsetzung.)

Beleuchtungsvorrichtungen, Okulare, Stative.

Die gewaltigen Fortschritte, welche der Bau des zusammengesetzten Mikroskopes in den letzten Jahrzehnten gemacht hat, erstrecken sich bekanntlich nicht nur auf die in den letzten beiden Kapiteln vorgeführten Vollendungen der Objektivsysteme, sondern alle anderen Theile sowohl des optischen Apparates wie des Stativs haben wichtige Verbesserungen erfahren. Wir wollen der Reihe nach die Weiterentwicklung des Beleuchtungsapparates, der Okulare und des Stativs in ihren wichtigsten Phasen betrachten.

Der Beleuchtungsapparat.

Für die Beleuchtung der (opaken) Objekte mit auffallendem Licht sind neue Vorrichtungen von prinzipieller Bedeutung in diesem letzten Zeitabschnitt nicht zu verzeichnen; vielleicht wären die an einigen Mikroskopen angebrachten Vorkehrungen zur Beleuchtung mit elektrischen Licht hier anzuführen, deren Vorzüge besonders Engelman (Utrecht) und van Heurck (Antwerpen) anfangs der neunziger Jahre gerühmt haben. Ich komme alsbald darauf zurück. Viel wichtiger insbesondere für die mikrobiologische Forschung war die Verbesserung der Beleuchtung im durchfallenden Licht.

Für beide Arten der Beobachtung sind, wie wir in den vorangehenden Kapiteln gesehen haben, besondere Apparate seit jeher in Gebrauch gewesen. Die Mikroskopiker waren bemüht, sowohl neben dem diffusen Tageslichte künstliche Lichtquellen auszunutzen, als auch das natürliche oder künstliche Licht durch eigens dazu ersonnene Vorrichtungen auf das Objekt in thunlichster Konzentration hinzuleiten. Auch war man schon früh darauf bedacht, durch die Anwendung von Blenden nach Bedürfniss die Menge des Lichtes bezw. die Grösse des zur Beleuchtung benutzten Lichtkegels abzustufen. Zur Konzentration des Lichtes kamen bereits im siebzehnten Jahrhundert (Bonanni um 1690) besondere Linsenkombinationen auf, die an Stelle der für auffallendes Licht seit Erfindung des Mikroskopes üblichen, mit Salzwasser gefüllten Glaskugeln und einfachen Linsen (Hooke) traten. Für die Beleuchtung opaker Objekte diente der kleine Spiegel nach Leeuwenhoek (Lieberkühn) oder auch der von Adams bei dessen Bildmikroskop angewandte grössere Metallspiegel. Für durchfallendes Licht führte, wie wir sahen, erst Hertel den unter dem Objektische angebrachten Spiegel ein. Dazu kamen Prismen und Paraboloiden, so dass allmählich ein ganzes Arsenal von Beleuchtungsvorrichtungen den Mikroskopverfertignern zur Verfügung stand. Trotzdem steht die Thatsache fest, dass die Ausrüstung des Mikroskopes mit zweckentsprechendem Beleuchtungsapparat bis vor wenigen Jahrzehnten noch stiefmütterlich behandelt wurde. In bestimmtem Sinne ist es sogar erst Abbe gelungen, diesen wichtigen Theil des Mikroskopes auf die gleiche Höhe zu bringen wie den Objektiv- und Okularapparat. Auch dieser Fortschritt ist aus den klaren und mathematisch zwingenden Ausführungen Abbés über die Theorie der Abbildung durch das Mikroskop hervorgegangen.

Wir können am Beleuchtungsapparat des zusammengesetzten Mikroskopes nachstehende Theile unterscheiden:

1. Die Lichtquelle.
2. Vorrichtungen, die zwischen diese und den Spiegel des Mikroskopes eingeschaltet werden, um das Licht irgendwie zu verändern

oder zu konzentriren. Einige dieser Vorrichtungen werden auch zwischen Spiegel oder Kondensor angebracht.

3. Der Spiegel des Mikroskopes.

4. Der Kondensor.

5. Der Blendenapparat.

6. Spiegel oder Linsen für auffallendes Licht. Für die Arbeiten im durchfallenden Licht kommen für gewöhnlich ausser 1 noch 3, 4 und 5 in Betracht. Bei Benutzung von künstlichem Licht ist auch 2 von Belang.

Als Lichtquelle benutzen wir in den meisten Fällen das diffuse Tageslicht. Direktes Sonnenlicht ist zwar für die Zwecke der Projektion und der Mikrophotographie von unschätzbarem und oft unersetzlichem Werthe, für die Beobachtung am Mikroskop ist es jedoch aus den bekannten Gründen nicht zu brauchen. Das weisse, diffuse Tageslicht wird am besten von hellen, weissen Wolken entnommen, während ein wolkenloser Himmel weniger gutes Licht liefert. Einen Ersatz für Wolkenlicht liefern weisse, von der Sonne belichtete Flächen, zur Noth auch mattirte, von den Sonnenstrahlen getroffene Glasscheiben oder Aehnliches. Die Zahl der künstlichen Lichtquellen, die in Form von Mikroskopirlampen in unseren Laboratorien Eingang gefunden haben, ist Legion. Im Rahmen dieses Werkchens kann darauf nur kurz eingegangen werden. Unsere Mikroskope sind für weisses Licht, d. h. also für Licht von allen Wellenlängen des Spektrums eingerichtet. Gewisse Abbildungsvorgänge haben den günstigsten Verlauf bei Verwendung von Licht kurzer Wellenlänge. Mithin dürfen blaue und violette Strahlen im künstlichen Licht nicht fehlen. Je weisser das künstliche Licht ist, desto besser wird es daher für den Mikroskopirgebrauch sein. Hell brennende Lampen — Oel, Petroleum, Gas — können gut zur Verwendung kommen. Da ihr Licht reich an gelben, für die mikroskopische Beobachtung weniger werthvollen Strahlen ist, kann man dieselben durch Einschaltung eines blauen Mediums abfiltriren. Dazu benutzt man die bekannten, mit Kupferoxydlösungen gefüllten Schusterkugeln oder auch Cuvetten mit planparallelen Glaswänden oder einfache blaue Glasscheiben von entsprechender Dicke und Intensität der Färbung. Ein schönes Licht für das Mikroskop geben die neuen Gas-, Spiritus- und Petroleum-Glühlichtlampen, gerade wegen des Reichthums ihres Lichtes an Strahlen kurzer Wellenlänge. Auch das elektrische Licht ist gut zu verwenden, besonders von Glühlichtlampen. Wie erwähnt, haben Engelmann und van Heurck ihre Mikroskope mit bestem Erfolg für das elektrische Glühlicht eingerichtet. Ein solches Mikroskop führt die Abbildung in Fig. 166 vor. Van Heurck

benutzt seit 1881 die elektrische Glühlampe zum Mikroskopieren,¹⁾ und zwar, wie er hervorhebt, mit bestem Erfolg zum Studium der feinsten Strukturen von Diatomeen. Derartige ungefärbte Objekte liefern bekanntlich ein um so inhaltreicheres Strukturbild, je stärker die Apertur des Objektivs und je schiefer die beleuchtenden Strahlenkegel sind.

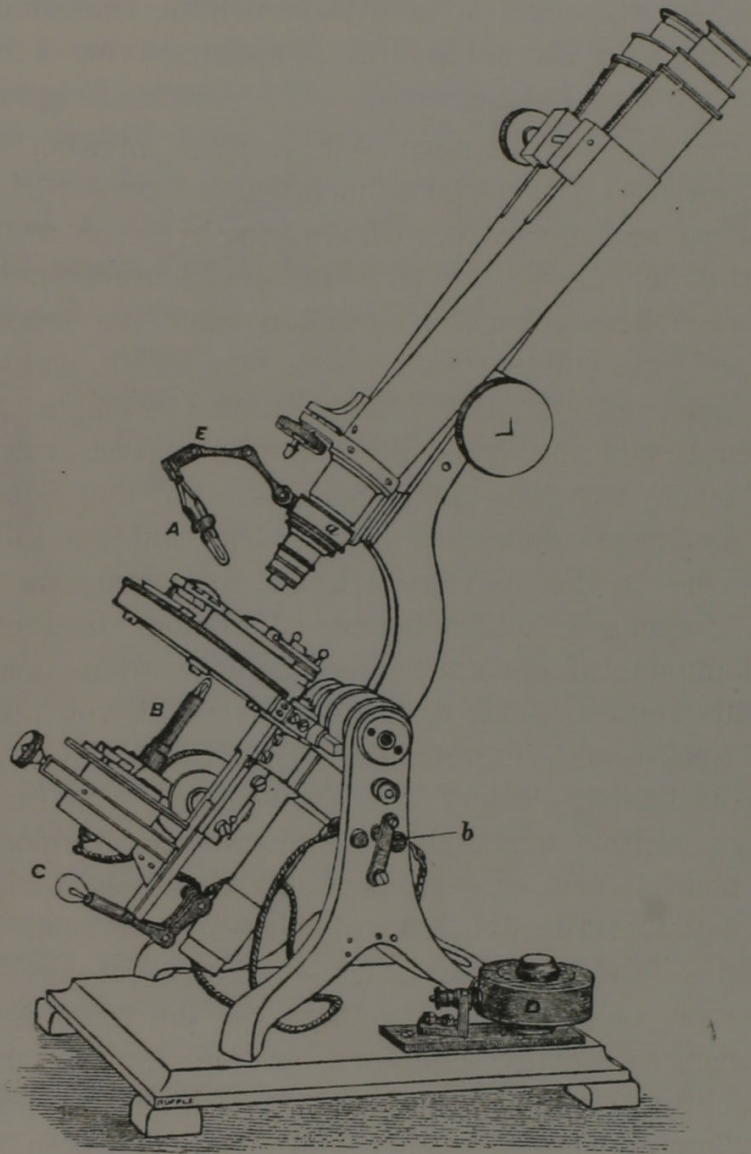


Fig. 167.
Mikroskop mit drei elektrischen Glühlampen nach M. Stearn von Mawson & Swan, 1890.

Die Wirkung dieser Faktoren wird nach Abbe wesentlich erhöht bei Anwendung von kurzwelligem Licht. Das Licht der elektrischen Glühlampen ist aber bei sonst gleicher Intensität reicher daran als das Licht der Petroleumlampen und der Gaslampen. Auch ist die Zahl der abgelenkten Lichtbündel grösser bei Beleuchtung der zartesten Struk-

¹⁾ Van Heurck, *La lumière électrique appliquée aux recherches de la micrographie et de la photomicrographie*. 2^{me} éd. Anvers, 1883.

turen mit kurzweiligem Licht. Mithin ist die elektrische Beleuchtung sowohl im Stande, bei gegebener Apertur mit kleinerem Lichtbündel mehr zu leisten wie eine andere künstliche Lichtquelle, als sie auch in Folge ihrer allgemein höheren Lichtintensität für alle Arten der Beleuchtung den meisten übrigen künstlichen Lichtquellen überlegen ist. Die Einrichtung des von Mawson & Swan konstruirten Mikroskopes ist an der Fig. 167 leicht verständlich. Das Mikroskop, ein grosses, binokuläres Stativ englischen Modells, ist bei A B und C mit den von M. Stearn angegebenen Glühlampen ausgerüstet. Die Lampen können vermittlest der Gelenke ihrer Träger in jede gewünschte Stellung gebracht werden. A und B sind etwas kleiner als C. A und B sind in Fig. 168 bei B und C bei A besonders abgebildet. A dient zur Beleuchtung mit auffallendem Licht, B für durchfallendes und schiefes Licht ohne Kondensor, C, die grössere Sorte, wird mit dem Kondensor, sowie für polarisiertes Licht und zu mikrophotographischen Aufnahmen benutzt. Der Betrieb erfordert eine Kraft von nur $3\frac{1}{2}$ Volt und $1\frac{1}{4}$ Ampères, zwei Akkumulatoren oder 2 Bunsenelemente reichen aus. Die Lampen sind durch umspinnene Drähte mit der Einschaltvorkehrung am Stativ bei b verbunden. D ist eine Drahtspule zur Zwischenschaltung als Widerstand behufs Abstufungen der Lichtintensität. Anstatt der Lampen am Mikroskop selbst kann man, wie dies neuerdings in manchen Laboratorien geschieht, davon getrennt elektrische Mikroskopirlampen mit gleichem Vortheil benutzen. Die Beschaffung besonderer Apparate zur Erzeugung des Stromes entfällt bei der immer weiteren Ausdehnung der Anschlüsse an Leitungen des Grossbetriebes. Auch Kalklicht, Zirkonlicht, Magnesiumlicht kann für die Zwecke des Mikroskopirens mit Vortheil benutzt werden. Für gewöhnlich werden aber diese Lichtquellen der hohen Preise der Apparate wegen nur zu mikrophotographischen Aufnahmen angewendet.

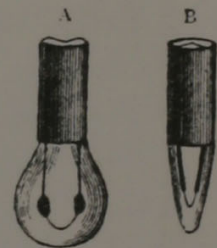


Fig. 168.
Glühlampen nach
M. Stearn für das
Mikroskop.

Der Spiegel des zusammengesetzten Mikroskopes soll auf der einen Seite plan, auf der andern konkav sein und sich frei nach allen Richtungen drehen und bewegen lassen. Für bestimmte Zwecke, z. B. für die Benutzung des Stativs zur Mikrophotographie, ist es erforderlich, dass man ihn entfernen kann. Die neueren Stative haben ihn in konstantem Zusammenhang mit dem Kondensor oder mit einem Ring, der zur Aufnahme der Zwischenapparate (Kondensor, Polarisator, Blenden) dient. Die Grösse des Spiegels hängt von der Grösse des Stativs und der Entfernung vom Objektisch ab. Auf seine Form (man wählt allgemein runde) kommt es nicht an, sondern ausschliess-

lich auf das Verhältniss zwischen seinem Durchmesser und dem Abstand von der Objektebene oder vielmehr von der scheinbaren Grösse des Spiegels für den Ort des Objekts (Dippel). Für die Beleuchtung des Objekts ist die Grösse des Lichtkegels ausschlaggebend, welchen der Spiegel liefert. Ein grösserer Spiegel giebt bei grossem Abstände den gleichen Lichtkegel wie ein kleinerer Spiegel bei kleinem Abstand. Die Spiegel unserer Mikroskope variiren im Durchmesser von etwa 25 bis 50 mm.

Derjenige Theil des Beleuchtungsapparates, welcher für die

Ausnutzung des Mikroskopes von grösster Bedeutung ist, der Kondensor, hat bis vor Kurzem noch bei den Mikroskopikern speziell Deutschlands in verhältnissmässig geringem Ansehen gestanden. Viele Mikroskope selbst aus den letzten Jahrzehnten sind ohne dies wichtige Glied gekauft worden. In England wusste man dagegen den Kondensor schon im vorigen Jahrhundert zu schätzen. Für das Studium der Bakterien bedeutete die sinngemässe Benutzung des von Abbe konstruirten Beleuchtungs-Apparates nach den Angaben und dem glorreichen Vorgang von Robert Koch geradezu eine Epoche. Ohne die kombinierte Benutzung dieses Apparates mit

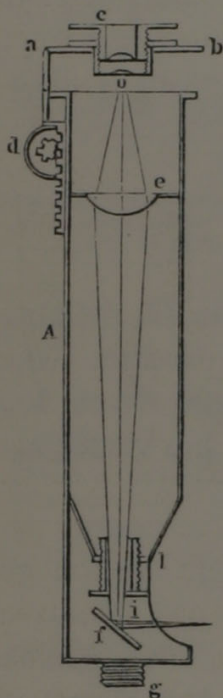


Fig. 169.
Einfaches Mikroskop
mit Beleuchtungslinse
nach Wollaston,
1829.

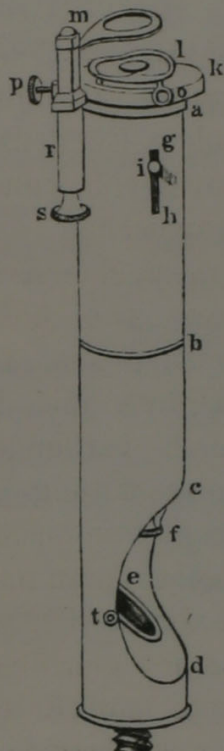


Fig. 170.
Verbessertes Wollas-
ton'sches Mikroskop
nach Dollond.

der Oelimmersion und zwar unter Heranziehung und weiterer Ausbildung der Färbung der Objekte mit den kräftigen Anilinfarben hätte die junge Bakteriologie nicht das leisten können, was sie in ihren ersten Jahren zu Wege gebracht hat.

Die älteren, vorerwähnten Kondensoren einschliesslich der zu gleichem Zweck angegebenen Sammellinsen sollten im Allgemeinen dazu dienen, die von künstlichen Lichtquellen ausgehenden Strahlen in der Objektebene zu konzentriren. Die Linsen wurden in Kombination mit Blenden gebraucht behufs Regulirung der Grösse des Beleuchtungskegels. Die Beobachtung bei schiefer Beleuchtung ist gleichfalls seit langer Zeit geübt worden, auch bei durchsichtigen Objekten. Reade, Carpenter und besonders Wenham

haben eigene Vorrichtungen dafür ersonnen. Die einfachste Methode, durch Schiefstellung des Spiegels dies zu bewirken, war schon im vorigen Jahrhundert bekannt. Auf die Objektebene einstellbare, zur Beleuchtung für durchfallendes Licht bestimmte Sammellinsen fanden wir schon bei den einfachen Mikroskopen aus dem vorigen Jahrhundert. Später zeigte Brewster, dass die Objekte sich am besten im Brennpunkt des Beleuchtungsapparates befinden, damit das ins Objektiv eintretende Licht von einem Punkte ausgehe. Wollaston konstruirte nach diesem Prinzip den Beleuchtungsapparat für sein in Fig. 169 im Durchschnitt skizzirtes, einfaches Mikroskop vom Jahre 1829. Der um die Achse drehbare Spiegel bei f wirft das Licht durch die (verstellbare) Blendungs- röhre auf die feststehende plankonvexe Beleuchtungslinse e, deren Fokus genau in der Objektebene bei o liegt. Dollond verbesserte die Einrichtung und gab dem Instrument die in Fig. 170 abgebildete Gestalt. Die Beleuchtungslinse ist in ein Röhrchen eingeschlossen und durch den aussen bei i hervortretenden Führungsknopf im Schlitz g h verschieb- bar. Die übrigen Einrichtungen beider Instrumente erhellen zur Genüge aus den Figuren.¹⁾

Diese Dollond'sche Modifikation des Wollaston'schen Beleuchtungsapparates übertrug nun Goring auf das zusam- mengesetzte Mikroskop. Die plankon- vexen, mit ihrer Planfläche gegen das Objekt gerichteten Beleuchtungslinsen müssen immerhin im Vergleich mit den älteren bikonvexen Sammellinsen als einen Fortschritt gelten. Brewster²⁾ ging in der Korrektur der sphärischen und chromatischen Aberration auch für den Beleuchtungsapparat aber noch weiter und konstruirte 1813 den Fig. 171 skizzirten Apparat. Das Objekt liegt bei o; das um die Achse drehbare Rohr abcd enthält bei pq einen Planspiegel und bei gh und ik ein Doublet, das sphärisch korrigirt ist und durch einen Trieb gehoben oder gesenkt werden kann; die Oeffnung f e dient dem Lichtzutritt; bei künstlicher Beleuchtung soll

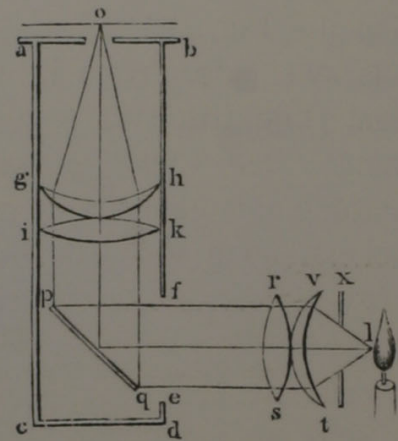


Fig. 171. Achromatischer Beleuchtungsapparat nach Brewster, 1813.

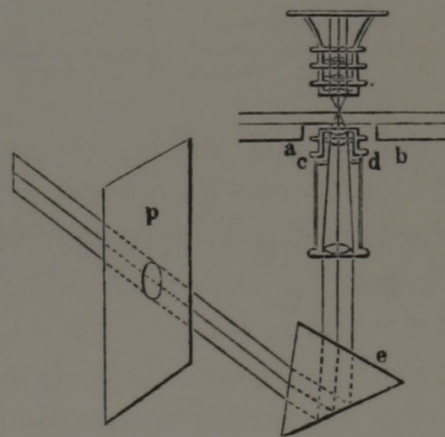


Fig. 172. Beleuchtungsapparat nach Dujardin, 1838.

¹⁾ Vgl. Harting, III, p. 64.

²⁾ Brewster, a treatise etc. (s. Lit.-Verz.) 1813.

zwischen die Lichtquelle noch ein zweites Doublet $r\ s\ v\ t$ und eine Blende x eingeschaltet werden. Die chromatische Aberration wollte er entweder dadurch beseitigen, dass er die Beleuchtungslinsen achromatisch machte, oder indem er monochromatisches Licht benutzte. Seine Beleuchtungsart fand in der Praxis keinen Eingang. Besser gelang dies dem Beleuchtungsapparat von Dujardin vom Jahre 1838, den die Fig. 172 zeigt. Zur Beleuchtung wird ein Objektivsystem aus zwei oder drei achromatischen Doppellinsen benutzt, welches unter dem Objektisch in seiner Entfernung vom Objekt verstellt werden kann. Das Licht geht zunächst durch eine Blende bei p , zur Abhaltung des überflüssigen, wird im Prisma e total reflektirt und muss bei $c\ d$ noch eine Blendung passiren. Trécourt und Oberhäuser

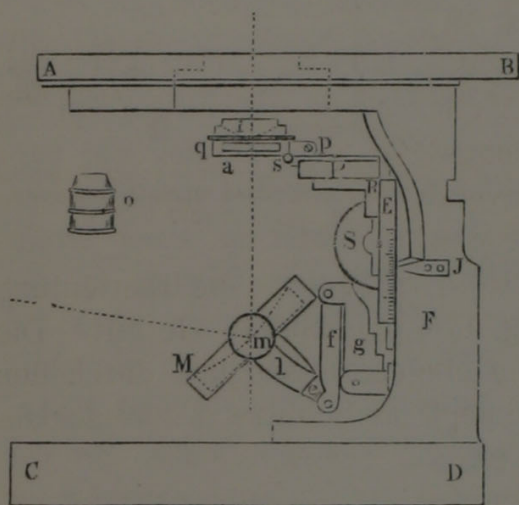


Fig. 173. Beleuchtungsapparat nach Harting, 1850. Gerade Beleuchtung.

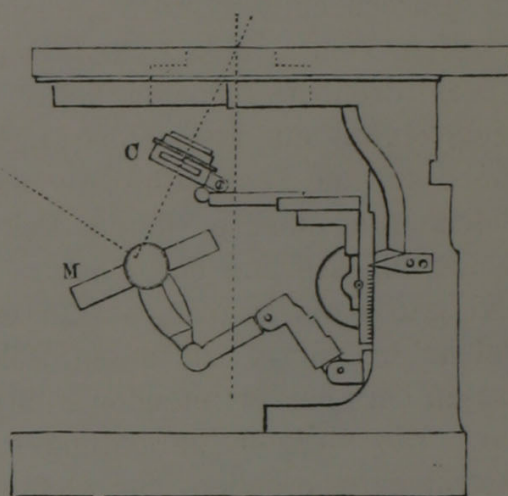


Fig. 174. Beleuchtungsapparat nach Harting, 1850. Schiefe Beleuchtung.

nahmen auf diesen Apparat ein Patent. Bekanntlich hat später R. Koch zur Beleuchtung für mikrophotographische Zwecke mit Vortheil Objektivsysteme verwandt. Dies von Dujardin eingeführte Prinzip, Objektive als Beleuchtungssysteme zu benutzen, haben ausser Amici insbesondere die englischen Mikroskopverfertiger weiter ausgebildet. Ross, Powell and Lealand, Smith u. A. lieferten derartig ausgerüstete Instrumente noch bis in die letzten Jahrzehnte unseres Jahrhunderts. Zur Beleuchtung wurde immer dasjenige Objektivsystem gebraucht, welches dem zur Beobachtung dienenden System in der Stärke vorhergeht. Die englischen Firmen verfertigten auch besondere achromatische Beleuchtungssysteme von möglichst grosser Apertur, deren Linsen je nach Bedarf kombiniert werden konnten. Ein von Powell and Lealand 1859 verfertigter achromatischer Kondensor besass eine Oeffnung von 170° .¹⁾

Einen besonderen Beleuchtungsapparat liess sich Harting 1850 von Nacet konstruiren. Den Apparat zeigt die Skizze Fig. 173 in

¹⁾ Quarterly Journal, XXX, p. 106 (Harting).

seiner Stellung für gerade, Fig. 174 für schiefe Beleuchtung; Fig. 175 ist ein Blendenschieber, der bei a in den Schlitz unter dem Kondensor eingeschoben wird. In die linke Hälfte des Schiebers ist eine mit undurchsichtigen Scheiben für Abblendung des centralen Lichtbündels versehene Glasplatte eingelassen. Als Beleuchtungssystem dient entweder eine plankonvexe achromatische Doppellinse von 13,5 mm Brennweite, oder ein schwaches achromatisches Linsensystem. Alles Uebrige ist an der Figur leicht verständlich. Die vertikale Verschiebung des Apparates wird durch den Trieb S und die Zahnstange E bewirkt.

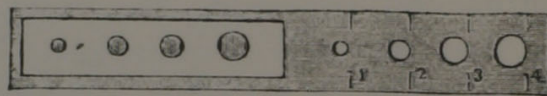


Fig. 175. Blendenschieber zu Harting's Beleuchtungsapparat, 1850.

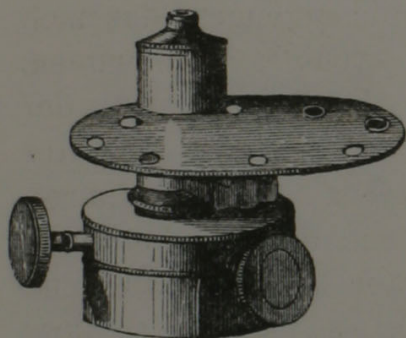


Fig. 176. Achromatischer Kondensator von Smith & Beck um 1855.

Einen von Frey 1886 noch als von vollendeter Konstruktion bezeichneten Kondensor der Firma Smith & Beck zeigt Fig. 176, welcher die verschiedenen, auch für Randbeleuchtung eingerichteten Diaphragmen in einer Drehscheibe enthält. Später folgten in der Konstruktion von Kondensoren auch die deutschen Mikroskopverfertiger, nachdem die Firma Hartnack (Paris und Potsdam) den Anfang gemacht hatte. Bis vor Kurzem hat man sich in Deutschland noch vielfach mit dem ganz einfachen, in Figur 177 abgebildeten Beleuchtungsapparat beholfen, der aus einer in ein Rohr eingeschlossenen, gewöhnlichen Plankonvexlinse bestand. Die Blenden wurden, wie dies aus der Abbildung ersichtlich, auf die Planfläche der Linse gelegt; bei 2 ist eine ringförmige und bei 3 eine zentrale Blende aufgelegt.

Zur Zeit hat der Kondensor überall Eingang gefunden, und die Mikroskopverfertiger haben den Apparat ihren Stativen angepasst. Im Prinzip stimmen die Beleuchtungsapparate überein. Es genügt daher die Beschreibung des von Abbe und Zeiss konstruirten Apparates, welcher allen Anforderungen Rechnung trägt und zur Zeit wohl die weiteste Verbreitung haben dürfte. Für das Verständniss des Apparates seien die Anforderungen kurz präzisirt, welche man an den Beleuchtungsapparat des modernen Mikroskopes zu stellen hat.

Die Anforderungen ergeben sich aus der sinngemässen Berücksichtigung der verschiedenen in Betracht kommenden Objekte. Von

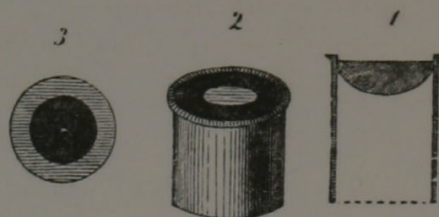


Fig. 177. Einfacher Kondensator mit Blenden zum Auflegen.

solchen Gegenständen, die, wie Krystalle, Gesteinsschliffe (Stärkekörner etc.), gelegentlich die Beobachtung mit polarisirtem Licht erheischen, abgesehen, wird man im Allgemeinen unter den Objekten, welche mit gewöhnlichem, weissem oder monochromatischem, Licht von unten her zu beleuchten sind, zweierlei Gruppen unterscheiden können, deren Anforderungen der Beleuchtungsapparat in gleichem Maasse gerecht zu werden hat. Diese beiden Gruppen sind erstens die ungefärbten Objekte. Dazu gehören sowohl die im eigentlichen Sinne farblosen Gegenstände, als auch diejenigen, welche zwar eine natürliche Eigenfarbe besitzen, bei denen dieselbe aber so wenig intensiv ist, dass sie unter dem Mikroskope nicht zur Geltung kommt, wie z. B. bei den Pigmentbakterien, Blutkörperchen und ähnlichen. Solche Gegenstände werden nur dadurch sichtbar, dass das Licht beim Durchgang durch sie Beugungen und Brechungen erfährt, welche die Ausgangspunkte verschiedener Strahlenkegel werden, die in der der Objektebene zugeordneten Bildebene ein Bild erzeugen, das nach Zahl und Art jener Lichtkegel mehr oder weniger vollkommen, das heisst ähnlich ist. Wir sahen, dass Zahl und Art der bilderzeugenden Lichtkegel ausser von der Struktur des Objektes selbst abhängt, einestheils von der Differenz im Brechungsindex zwischen der Substanz des Objektes und dem Einbettungsmedium, andererseits aber auch von der Apertur des Objektivs und von den in das Objekt eintretenden Strahlen. Wie sollen diese beschaffen sein? Zunächst wird im Allgemeinen eine die ganze Oeffnung des Systems ausfüllende, Strahlen von jeder Neigung zur Achse enthaltende Lichtmasse am ehesten im Stande sein, den verschiedenen Anforderungen des Objekts zu genügen, d. h. jedem Punkte desselben Licht nach Qualität und Quantität ausreichend zu liefern. Da aber die Struktur ungefärbter Objekte je nach deren Art und je nach der Konstruktion der benutzten Objektivsysteme für das Zustandekommen des besten Bildes das eine Mal gerade, das andere Mal schräg einfallendes Licht erheischt, und da ferner die Grösse des den besten Abbildungseffekt erzielenden Lichtbündels ausserdem noch von den Verschiedenheiten in der Helligkeit der Lichtquelle abhängig ist, so ist die Anforderung an den Beleuchtungsapparat sehr verschieden. Derselbe muss also allen diesen Leistungen nicht nur gewachsen sein, sondern auch einen schnellen Wechsel der Lichtverhältnisse jederzeit herbeizuführen gestatten. Beim Studium gefärbter, kleiner Objekte, z. B. mit Anilinfarben etc. imprägnirter Mikroorganismen, mögen dieselben nun frei daliegen oder in mehr oder weniger durchsichtige bezw. in einer Kontrastfarbe tingirten Gewebe eingebettet sein, werden an den Beleuchtungsapparat ganz andere Anforderungen gestellt. Es kommt darauf an, dem Präparat

möglichst viel Licht — darunter auch solches von der Farbe der kleinen Objekte zuzuführen, damit diese auf hellem Hintergrunde in ihrer Eigenfarbe deutlich hervortreten. Dagegen sollen die ungefärbten Bestandtheile des Objektes nicht zur Abbildung gelangen, weil ihre „Strukturbilder“ jene Farbenbilder verdecken. Dies wird bekanntlich erreicht einestheils durch zweckentsprechende Behandlung des Präparates (Färbung, Aufhellung, d. h. Durchtränkung mit einem durchsichtigen, farblosen Medium von einem Brechungsindex, der dem des Präparates möglichst gleich ist), andernteils ist eine allseitige Durchleuchtung des Präparates mit vollem, breitem Lichtkegel dazu erforderlich. Die Beobachtung künstlich gefärbter Präparate erheischt demnach im Allgemeinen eine einfachere, weil allgemeiner anwendbare Beleuchtung, die Beleuchtung mit offenem Kondensor. Nun kommen aber selbstverständlich alle Uebergänge vor, und deshalb sind an den Beleuchtungsapparat für durchfallendes, gewöhnliches Licht nachstehende Anforderungen zu stellen:

1. Der Apparat muss ermöglichen, auf das Objekt Lichtbündel sowohl von gerader, der optischen Achse paralleler, als auch von schräger in beliebigem Winkel zur Achse einfallender Richtung zu leiten. Je schräger diese Winkel genommen werden können, desto wirksamer gestaltet sich für bestimmte Zwecke die Beleuchtung.

2. Die Grösse des Lichtkegels bzw. des Winkels, welchen die von seinem Scheitel zum Durchmesser der Basis gezogenen Grenzlinien einschliessen, muss innerhalb möglichst weiter Grenzen mühelos variiert werden können.

In vollkommenstem Masse genügt diesen Anforderungen der von Abbe angegebene und von Zeiss ausgeführte Beleuchtungsapparat, der centrale und seitliche Beleuchtung mit jedem gewünschten Lichtkegel gestattet. Die Zwischenschaltung desselben zwischen Spiegel und Objekt hat in einer Beziehung den gleichen Effekt wie die Verwendung eines grösseren bzw. die Näherrückung des gewöhnlichen Spiegels. Die Apertur des Apparates bestimmt die maximale Grundfläche des Beleuchtungskegels, welche die Spiegelfläche um ein Bedeutendes übertrifft. Natürlich kann die absolute Menge des Lichtes, welche der Spiegel — seine beste Grösse und Form vorausgesetzt — von der Lichtquelle dem Objekte zuspiegelt, durch einen zwischengeschalteten Beleuchtungsapparat, ein Kondensorsystem, nicht erhöht werden. Im Gegentheil werden beim Passiren der Linsen und beim Durchgang durch deren brechende Flächen stets gewisse unvermeidliche, durch gute achromatische Konstruktion thunlichst herabzumindernde Verluste eintreten. Darin also besteht der Vortheil des Kondensors nicht. Derselbe gestattet aber, alle die vorerwähnten Abstufungen der Beleuchtung nach Grösse und Neigung

der Lichtbündel zur Achse beliebig und schnell herzustellen, auch erhöht er die Variierungsmöglichkeiten ganz erheblich. Schliesslich sei noch erwähnt, dass auch die sogenannte Dunkelfeldbeleuchtung, d. h. die Beleuchtung durch einen Ring von Randstrahlen nach Ab-

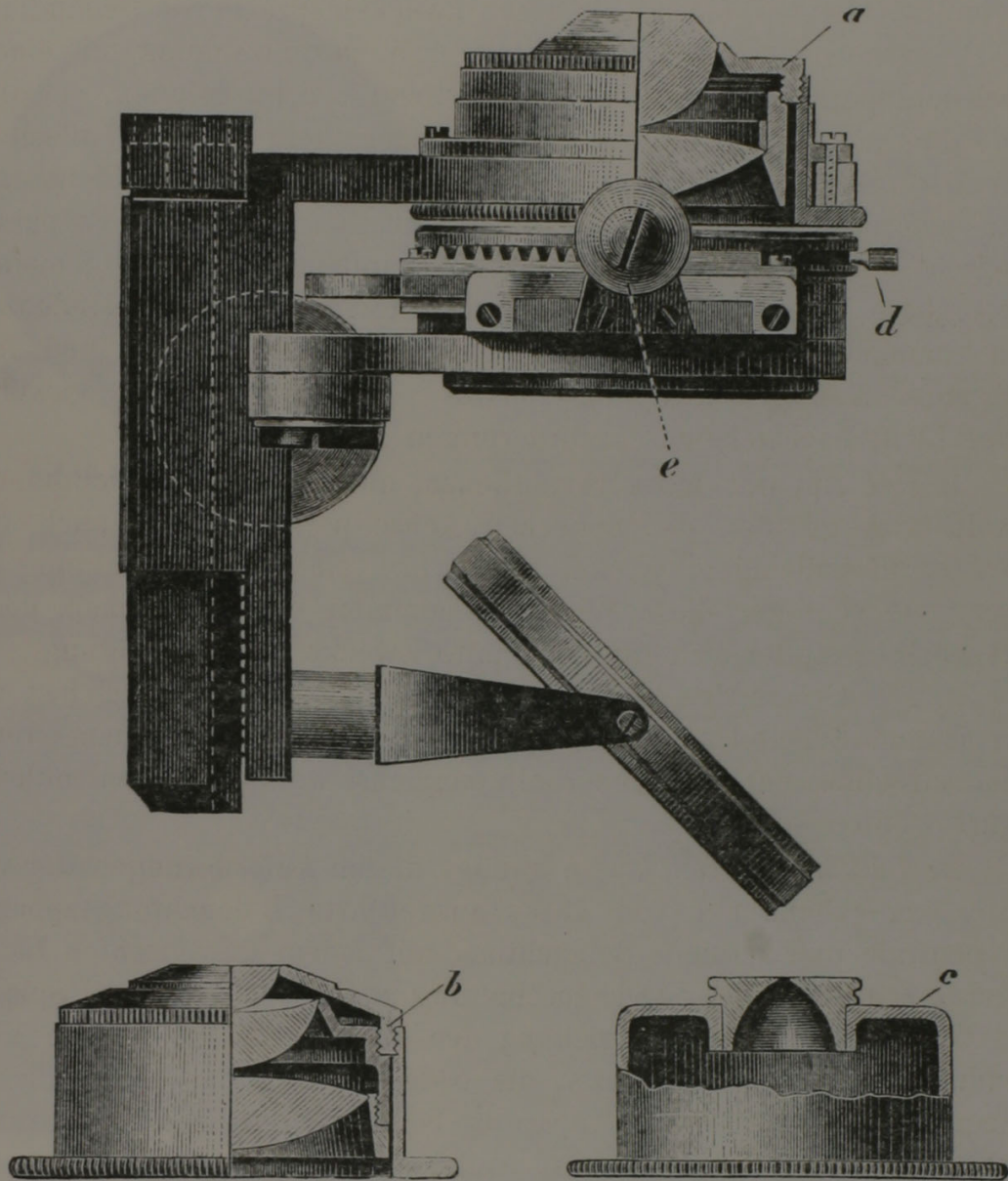


Fig. 178. Beleuchtungsapparat nach Abbe.¹⁾

blendung der centralen Lichtbüschel mit dem Kondensor, durch Einlegen einer sternförmigen Blende leicht hervorgerufen werden kann.

Den (1872) Abbe'schen Beleuchtungsapparat der Firma C. Zeiss zeigt in seiner neuesten Gestalt die Figur 178. a Kondensorsystem 1,20 num. Apertur, b Kondensor von 1,40 Apertur,

¹⁾ Vgl. Max Schulze's Archiv für mikroskopische Anatomie, Bd. IX, 1872. — Dippel, Handbuch der allgemeinen Mikroskopie, 1882 (2. Aufl.), p. 274 u. f. — C. Zeiss, Katalog No. 30, 1895, p. 50 u. f.

c Cylinderblendung, d Knöpfchen zum Zusammenziehen oder Oeffnen der Irisblende, e Handhabe zum Schiefstellen und Drehen der Irisblende.

Das Institut fertigt seit längerer Zeit zwei Kondensorsysteme von 1,20 und 1,40 numerischer Apertur. Mit dem Kondensor verbunden ist die Irisblende, Figur 179, welche ein ebenso sinnreicher wie äusserst praktischer Ersatz ist für die ganze Zahl der alten Blenden und Blendenscheiben. Diese einen nicht zu unterschätzenden Fortschritt des Beleuchtungsapparates darstellende Erfindung soll nach van Heurck schon anfangs der siebziger Jahre von Ch. Chevalier gemacht worden sein, wenigstens zeugt davon ein aus dieser Zeit stammendes Modell. Die Blende ist aus einer grösseren Zahl dünner, sichelförmiger Metallplättchen zusammengesetzt, die derart durch die Fassung mit einander verbunden sind, dass beim Bewegen des aus der Peripherie herausragenden Knopfes die Sicheln sich mehr oder weniger übereinander verschieben, wobei die centrale Oeffnung nach Belieben erweitert oder verengt werden kann. Die Irisblende wird jetzt den meisten Mikroskopen, auch unabhängig vom Kondensor, beigegeben; die alten Ringblenden hat sie beinahe verdrängt, und dies aus gutem Grunde, denn sie ist nicht nur bequemer und einfacher — ein Stück statt vieler —, sondern sie gestattet eine viel reichere Variirung des Lichtkegels als jene älteren Apparate. Von letzteren kommen für bestimmte Zwecke noch die Cylinderblenden in Verwendung, die in ein besonderes Stück unter dem Objektisch eingesetzt werden können; Fig. 178 c. Aelterer Konstruktion sind die nach Art der Fig. 180 eingerichteten Blendungsscheiben. Uebrigens hat C. Zeiss neuerdings zum Gebrauche ohne den Kondensor die Irisblende mit der Cylinderblende kombiniirt in der Iris-Cylinderblendung, welche für kleinere Stative Verwendung findet.

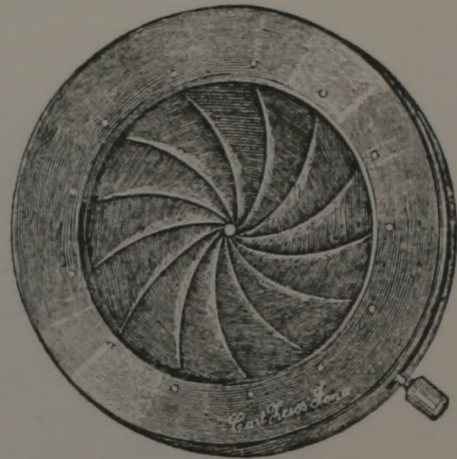


Fig. 179. Irisblende von Zeiss.

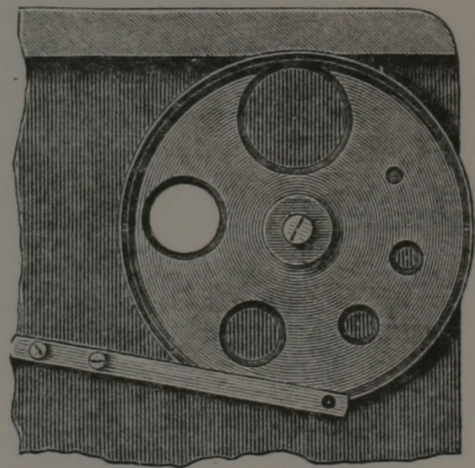


Fig. 180. Blendungsscheibe, unter dem Objektisch angebracht.

Aehnliche Kondensoren wie der Abbe'sche sind neuerdings aus

vielen optischen Werkstätten hervorgegangen. Nachstehend soll nur noch ein englischer Kondensor der rühmlichst bekannten Firma Powell and Lealand, London, erwähnt werden, der nach van Heurck (1891) ganz ausgezeichnet ist. Derselbe besteht aus einem apochromatischen System von vier Linsen und wird mit dem offenen

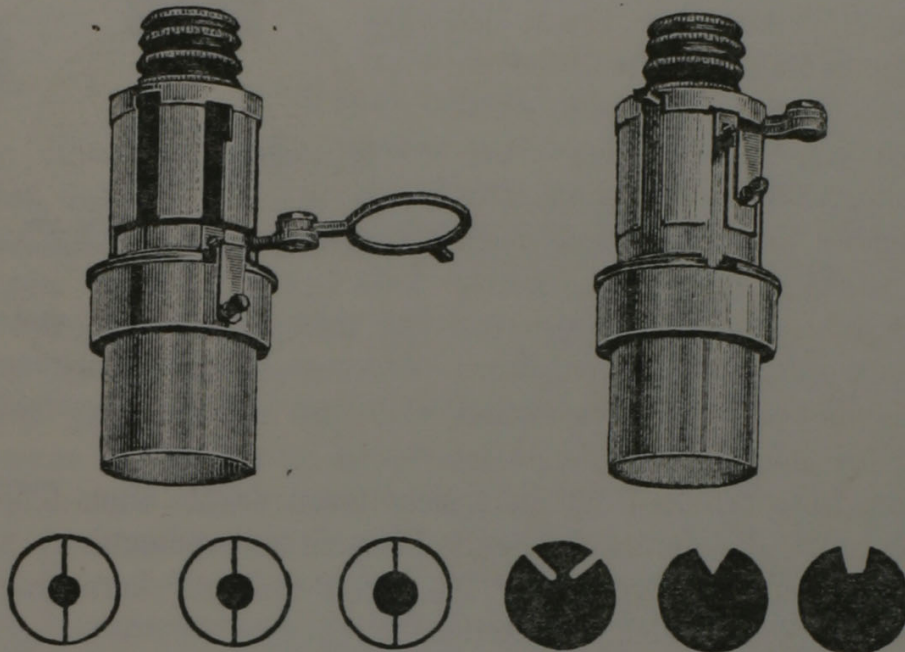


Fig. 181. Apochromatischer Kondensor von Powell and Lealand.

Ende des unteren Tubus in den betreffenden Ring am Stativ eingeführt. Die Blenden, Fig. 181, kommen in den in der linken Figur seitlich herausgeklappten Ring zu liegen.

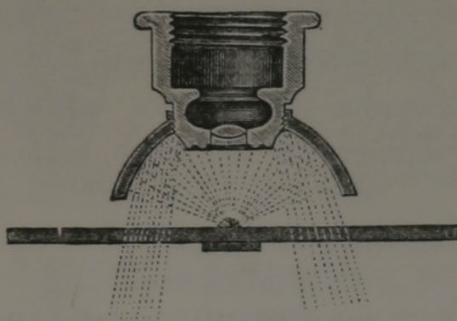


Fig. 182. Lieberkühn'scher Spiegel in neuer Form.

Für die Beleuchtung (undurchsichtiger) Objekte von oben her ist der alte Leeuwenhoek-Lieberkühn'sche Spiegel wenigstens hie und da noch in Gebrauch; seine verbesserte, den neueren Mikroskopen angepasste Form zeigt die Fig.-182, die einer Beschreibung wohl entbehren kann. Nach Dippel ist jedoch die Vorrichtung nicht für alle opaken Gegenstände brauchbar und nicht

im Stande, die feineren Strukturen genügend zur Anschauung zu bringen. Zudem kommt sie nur für schwächere Vergrößerungen in Anwendung, bei denen durch eine Linse von der Seite her der gleiche Effekt erzielt werden kann. Man hat ferner schon vor längerer Zeit den Versuch gemacht, die Beleuchtung der Objekte von oben her auch für stärkere und stärkste Vergrößerungen dadurch zu ermöglichen, dass man über

oder in das Objektiv reflektirende Flächen anbrachte, die von einer seitlichen Lichtquelle herstammendes Licht parallel der Achse nach unten durch das Objektiv hindurch auf das Objekt werfen. Für bestimmte Zwecke mag dies vortheilhaft sein. Im Allgemeinen hat das Verfahren keinen Anklang gefunden, vornehmlich deshalb, weil die Bilder stets wie von einem Nebel verschleiert erscheinen, woran die unvermeidlichen Reflexe beim Durchgang der Strahlen durch die gekrümmten Flächen des Objektivs wohl Schuld sein mögen. Die Idee stammt nach Harting von Hewitt aus dem Jahre 1860; sie wurde fünf Jahre später von Wenham¹⁾ ausgeführt und am 13. Dezember 1865 der Microscopical Society mitgetheilt. In dem Mikroskoprohr war ein Spiegelchen mit centraler Oeffnung angebracht. Das Seitenlicht kam durch eine Oeffnung im Tubus. H. J. Smith (Ohio, Benyon college) führte die Idee etwas anders aus, indem er²⁾ zwischen Objektiv und Tubus ein das Spiegelchen bergendes Zwischenstück einschaltete. Englische Firmen verbesserten die Erfindung. Das Spiegelchen wurde durch ein Prisma mit Totalreflexion oder auch durch ein Glasplättchen ersetzt. Fig. 183 zeigt die Vorrichtung von Smith. Auch C. Zeiss führt in seinem neuesten Preisverzeichniss einen solchen mit Prisma versehenen Vertikal-Illuminator an, Fig. 184. Eine Beschreibung erscheint angesichts der Figur wohl überflüssig.

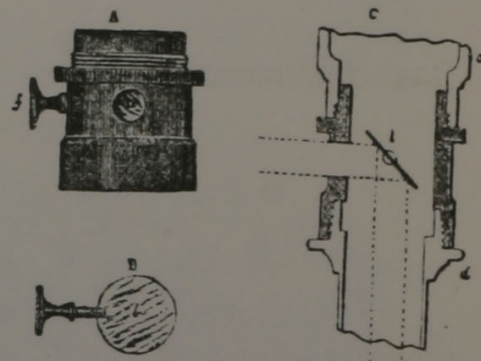


Fig. 183.
Vertikal-Illuminator von Smith.

Alle diese Vorrichtungen haben den bisher noch nicht beseitigten Nachtheil, dass die Bilder wie mit einem zarten Nebel verschleiert erscheinen. An die Beschreibung der Beleuchtungsapparate würde sich folgerichtig die der Apparate zur Beobachtung mit polarisirtem Licht sowie mit monochromatischem Spektrallicht anschliessen. Da jedoch diese Vorkehrungen Spezialzwecken dienen und in den Rahmen der Entwicklung des Mikroskops als Werkzeug für allgemeine Zwecke nicht unbedingt hineingehören, soll hier von deren Beschreibung Abstand genommen werden und diese an anderer Stelle erfolgen.

Alle diese Vorrichtungen haben den bisher noch nicht beseitigten Nachtheil, dass die Bilder wie mit einem zarten Nebel verschleiert erscheinen.

An die Beschreibung der Beleuchtungsapparate würde sich folgerichtig die der Apparate zur Beobachtung mit polarisirtem Licht sowie mit monochromatischem Spektrallicht anschliessen. Da jedoch diese Vorkehrungen Spezialzwecken dienen und in den Rahmen der Entwicklung des Mikroskops als Werkzeug für allgemeine Zwecke nicht unbedingt hineingehören, soll hier von deren Beschreibung Abstand genommen werden und diese an anderer Stelle erfolgen.

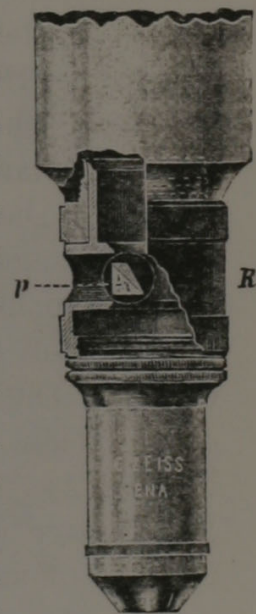


Fig. 184.
Vertikal-Illuminator
von C. Zeiss.

¹⁾ Quarterly Journ. April 1866, p. 1f4.

²⁾ American Journ. f. Sc. and Arts, Sept. 1865.

Fünfzehntes Kapitel.

Das zusammengesetzte Mikroskop in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts.

(Schluss.)

Die Okulare.

Die Entwicklungsgeschichte des zusammengesetzten Mikroskopes hat uns gezeigt, dass die Mikroskopverfertiger schon früh anfangen, an Stelle einer einfachen Okularlinse ein Okularsystem zu benutzen. Robert Hooke, ferner Divini, dann Griendl von Ach, Zahn, Bonanni — kurz fast alle Förderer des Mikroskopes nahmen sich auch des Okulars an. Aus dem bald eingeschalteten, bald fortgelassenen „Mittelglas“ war ein fester Bestandtheil des Okulars und letzteres somit ein zusammenhängendes, zweigliedriges System geworden, dessen Gläser einen bestimmten, unverrückbaren Abstand bekamen. So entstanden die Vorläufer unserer jetzigen Okulare. Man unterscheidet positive und negative Okulare. Bei den positiven Okularen wirkt das ganze System in gewissem Sinne wie ein Doublet. Die beiden plankonvexen Linsen sind mit ihren Scheiteln einander zugekehrt und stehen näher bei einander. Das vom Objektiv entworfene reelle Luftbild liegt im Tubus dicht vor der unteren Okularlinse. Ein Beispiel dieses Typus sind die Ramsden'schen Okulare. Die negativen Okulare (nach Campani, Huyghens etc.), deren beide Plankonvexlinsen die Scheitel dem Objekt zukehren, lassen das reelle Luftbild zwischen beiden Okularlinsen entstehen. Die vordere (untere) Linse ist in den Gang der bilderzeugenden vom Objektiv kommenden Strahlen derart eingeschaltet, dass die Konvergenz derselben etwas erhöht, das Bild also etwas verkleinert wird. Es ist hier nicht der Ort, auf die Okularwirkung ausführlicher einzugehen. Nur so viel sei gesagt, dass beide Arten von Okularen mit Vortheil Verwendung finden. Die Huyghens'schen Okulare werden am meisten gebraucht; wo es sich um starke Okularvergrößerung handelt, greift man zur Konstruktion nach Ramsden. Die Gesamtvergrößerung des Mikroskopes ist das Produkt aus den Vergrößerungszahlen für das Objektiv und das Okular. Die Abhängigkeit der Vergrößerung von der Tubuslänge ist nun nicht etwa so aufzufassen, als könnten dieselben Okulare und Objektive zur Erzeugung verschiedener Vergrößerungen bei verschiedenen Tubuslängen benutzt werden. Diese bei alten Mikroskopen übliche Art, die Vergrößerung zu variiren, ist optisch ohne Werth. Die Objektive und Okulare

sind vielmehr für bestimmte Tubuslängen eingerichtet. Ist dies konstruktiv der Fall, dann hängt die Leistungsfähigkeit des Instrumentes von der absoluten Länge des Tubus nicht ab. Uebrigens ist für die Vergrößerungsleistung nicht so ohne Weiteres die Länge des physischen Tubus massgebend. Die Vergrößerung ist vielmehr abhängig von der sogenannten optischen Tubuslänge. Man versteht darunter den Abstand der hinteren Hauptbrennebene des Objektsystems von der vorderen Brennebene des Okulars. Da nun bei Objektsystemen oder Okularen deren vorderer Brennpunkt zwar in der gleichen Entfernung liegt, deren Konstruktion aber verschieden ist, so dass die Entfernungen der hinteren Brennebenen verschiedene sind, auch die optischen Tubuslängen an demselben physischen Tubus verschiedene sein müssen, so ergeben derartige Versuche, dass gleichgrosse Verlängerungen oder Verkürzungen desselben physischen Tubus auf die Vergrößerung ganz verschieden einwirken.¹⁾

Die modernen Okulare sollen (nach Dippel) Nachstehendes leisten:

1. Ohne aus achromatischen Linsen zu bestehen, sollen sie für verschiedene Farben gleiche Brennweiten haben (gleich stark vergrössern).

2. Innerhalb eines bestimmten Seh winkels sollen sie nachstehende Abbildungsfehler vermindern bzw. aufheben:

- a) die Verzerrung,
- b) die Wölbung des Sehfeldes,
- c) die sphärische Aberration der Randbüschel,
- d) den Astigmatismus der äusseren Strahlenbüschel.

Zur Erreichung dieses Zweckes ist es am dienlichsten, die Entfernung beider Linsen des Okulars so einzurichten, dass dieselbe der halben Summe ihrer Brennweiten gleich kommt.

Die wichtigsten nach diesem gemeinsamen Prinzip konstruirten Okulare sind:

Das Huyghen'sche Okular. Die Vorderlinse, auch Kollektivlinse genannt, hat z. B. die Brennweite 4, die Okularlinse 2 und ihr Abstand ist gleich 3. Der vordere Brennpunkt des Systems ist virtuell und fällt zwischen die Linsen. Wie erwähnt, ist dies Okular daher ein negatives; die vom Objektiv kommenden bilderzeugenden Strahlen werden vor dem Zustandekommen des Bildes durch die Vorderlinse des Okulars, die Kollektivlinse, derart konvergent gemacht, dass das Luftbild im Okular selbst entworfen wird.

Eine besondere Sorte Huyghens'scher Okulare sind die Messokulare, bei denen an der Stelle, wo das Luftbild entworfen wird,

¹⁾ Näheres darüber bei Dippel, Handbuch etc. p. 255 u. ff.

ein Okularmikrometer eingelegt wird, dessen Maassstab in der Bildebene liegt. Die Augenlinse ist in ein besonderes, zum Ein- und Ausziehen eingerichtetes Röhrchen gefasst, damit die Entfernung derselben von der Bildebene und von der damit zusammenfallenden Mikrometer-skala für die Sehweite des Beobachters jedesmal scharf eingestellt werden kann.

Das Ramsden'sche Okular. Bei diesem, wie oben erwähnt konstruirten Okular haben beide Linsen die gleiche Brennweite; ihre Distanz ist ebenfalls der Brennweite nahezu gleich. Bei vollkommener Gleichheit würde der Hauptbrennpunkt des Systems der vordere, reelle Brennpunkt in die Kollektivlinse fallen, daher weicht man von der strengen Konstruktionsformel etwas ab. Die Verkleinerung des Abstandes bewirkt, dass der vordere Brennpunkt vor die Kollektivlinse fällt; ferner nimmt man ein Kollektiv von etwas längerer Brennweite, als die des Augenglases ist, damit der hintere Brennpunkt des ganzen Okulars — und damit die Austrittspupille des Mikroskops — etwas weiter von der Augenlinse entfernt liegt.

Orthoskopische, periskopische, aplanatische Okulare. Die Kollektivlinse ist bikonvex und achromatisch. Das Augenglas, plankonvex, ebenfalls achromatisch. Die Bilder sollen reiner sein und das Gesichtsfeld grösser. Die Absicht, mit solchen Okularen Verzeichnungsfehler des Objektivs, wie Sphärizität und Astigmatismus der Randbüschel etc. ohne Beschränkung durch die Rücksichtnahme auf die Farbkorrektion beseitigen zu können, ist unausführbar, weil dazu die physikalische Möglichkeit fehlt. Die Okulare besitzen daher den nachgerühmten Werth nicht.

Holosteric-Okulare (Vollglas-Okulare). Bei diesen, wie die Coddington'schen Lupen wirkenden Okularen liegt die vordere Brennebene über dem Scheitel der unteren Linse, die obere Brennebene fällt etwa mit dem Scheitel der Augenlinse zusammen. Die Wirkung ist ähnlich wie bei den Huyghens'schen Okularen.

Die Okulare werden an der Stelle, wo das Luftbild entsteht, mit einer Blende versehen. Die Lage derselben richtet sich nach dem vorderen Brennpunkt. Liegt dieser Punkt vor der Sammellinse, dann ist die Blendungsebene direkt gegeben. Anderenfalls, bei virtuellem Brennpunkt (Huyghens Okular), geht die Blendungsebene durch denjenigen, hinter der Sammellinse gelegenen Punkt der Achse, welcher dem virtuellen Brennpunkt in Bezug auf die Linse konjugirt ist.

Apöchromatische, Kompensations-Okulare. Aeusserlich und im Konstruktionstypus hinsichtlich der Brennweiten und Entfernungen der Linsen voneinander gleichen diese Okulare den Huyghens'schen und Ramsden'schen. Das Spezifische der Systeme,

was sie von allen anderen unterscheidet, ist ihr inniger Zusammenhang mit den zugehörigen apochromatischen Objektiven im vorerwähnten Sinne.

Abgesehen von den vorerwähnten Messokularen werden die Okularsysteme in fester Fassung verfertigt. Die optischen Werkstätten halten für ihre Mikroskope stets eine Reihe von Okularen in Bereitschaft, welche Vergrößerungen verschiedenen Grades liefern.

Zur Veranschaulichung sei der Satz apochromatischer Okulare von C. Zeiss 1895 in Fig. 185 hier abgebildet. Die Abbildung zeigt alle für die Okulare charakteristischen Einzelheiten, deren detaillirte Beschreibung angesichts der Figur wohl erübrigt.

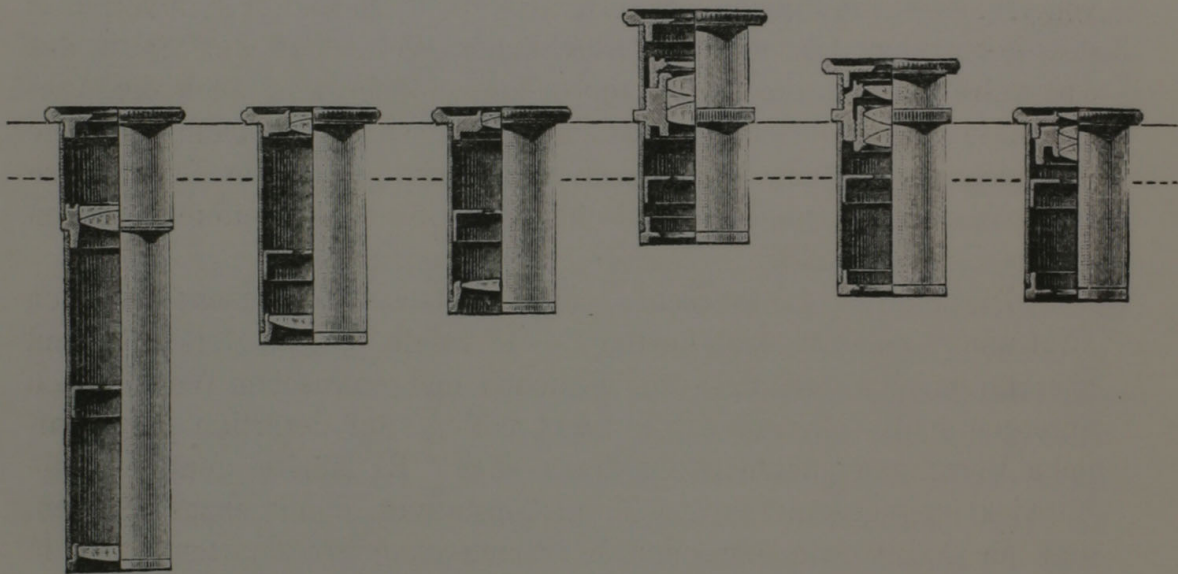


Fig. 185. Ein Satz von sechs Kompensations-Okularen von C. Zeiss, 1895.

A—A Ebene des oberen Tubusrandes.
B—B Vordere Brennebene der Okulare.

Die Werkstätte von C. Zeiss verfertigt neuerdings ein Sucher-Okular mit Irisblende, welches für gewisse Untersuchungen vortheilhafte Verwendung findet durch sein grosses Gesichtsfeld, das nach den Ermittlungen von Dr. Zacharias¹⁾ eine 2,25 mal grössere Fläche hat als die Huyghens'schen Okulare gleicher Brennweite. Für die Messung und Zählung mikroskopischer Objekte sind Vorrichtungen zum Einlegen angebracht und die Augenlinse ist behufs Korrektion der Einstellung auf die Blendungsebene für verschiedene Sehweiten in eine verschiebbare Hülse gefasst.

Ueber die Brauchbarkeit und Benutzung sowohl dieser wie der nicht apochromatischen Okulare in Verbindung mit gewöhnlichen und apochromatischen Objektiven verweisen wir auf die einschlägige Literatur, speziell auf die Arbeiten von Abbe und Dippel.

¹⁾ Dr. Otto Zacharias (Plön), Sucher-Okular mit Irisblende, Biologisches Centralblatt, XVI. Bd. 1896, S. 30.

Stative.

Das Stativ des zusammengesetzten Mikroskopes hatte schon in der ersten Hälfte des laufenden Jahrhunderts diejenige Vollkommenheit erreicht, mit welcher wir — Einzelheiten ausgenommen — heutzutage zu rechnen pflegen. Für die kontinentalen Typen waren in den Werkstätten von Chevalier, Nachet, Oberhäuser, Hartnack, Zeiss, Plössl, Seibert, Leitz etc. die Vorbilder geschaffen, die auch heute noch massgebend sind. Das Ende des Jahrhunderts weicht auf dem Gebiete der Weiterentwicklung unseres Instrumentes von früheren Traditionen insofern ab, als diesmal der Schwerpunkt des geleisteten Fortschrittes glücklicher Weise auf der Seite des optischen Theils des Mikroskopes lag. Wenn wir auch die Apochromate chronologisch nur mit einer gewissen Lizenz als *fin de siècle* einregistriren dürfen, so ist doch die Bedeutung dieser Leistung so gross, dass alles andere inzwischen am Stativ Erarbeitete dagegen in den Schatten tritt.

Die Stative der verschiedenen Werkstätten unterscheiden sich zwar untereinander durch bestimmte Merkmale. Diese Merkmale sind aber ihrem entwicklungsgeschichtlichen und praktischen Werthe nach untergeordnet. Deshalb ist es nicht nöthig, auf derartige unwesentliche Verschiedenheiten näher einzugehen. Es dürfte genügen, die Entwicklungsgeschichte des Mikroskopstatives damit abzuschliessen, dass die Typen von ein paar hervorragenden Werkstätten kurz in Figur und ergänzender Beschreibung vorgeführt werden.

Wie erwähnt, pflegen die Mikroskopverfertiger eine Reihe von Stativen auf den Markt zu bringen, grössere, mittlere und kleinere, den verschiedenen Bedürfnissen des Kundenkreises angepasst. Es kommen hinzu die Stative für Spezialzwecke (mineralogische, botanische Mikroskope, Trichinenmikroskope etc.). Hier dürfte die Anführung einiger weniger Typen genügen, zumal die Preisverzeichnisse der Firmen heutzutage nicht nur alljährlich das Neueste in Wort und Bild auf dem Gebiete für Interessenten gratis bringen, sondern auch die wissenschaftlichen für das Verständniss der Leistungen der Werkstätten förderlichen Ausführungen dem Text der Preisverzeichnisse einverleibt werden.

Da die Zahl dieser Arbeitsstätten in stetem Wachsen begriffen und gegen die erste Hälfte des Jahrhunderts recht erheblich vermehrt ist, liegt es ausser dem Bereiche der Möglichkeit, alle diejenigen namhaft zu machen, deren Stative den modernen Anforderungen genügen. Wie oben erwähnt, hat jedes optische Institut seine Geschichte. Gar manche dieser Geschichten sind interessant

und mit den Namen berühmter und verdienter Personen verknüpft.¹⁾

Am Aufbau des Stativs der modernen Mikroskope sind folgende Hauptstücke betheiligt:

1. Der Fusstheil. Derselbe soll nach Gestalt und Gewicht derart beschaffen sein, dass der Schwerpunkt des ganzen Instruments nicht nur genügend gestützt ist, sondern so tief liegt, dass ein Umkippen selbst des umgelegten Mikroskopes möglichst erschwert wird. Der Hufeisenfuss erfreut sich berechtigter Beliebtheit. Auch ältere Formen, wie die parallelepipedische Form oder die dem Hufeisen ähnliche Gabelform erfüllen bei genügender Schwere ihren Zweck. Die hohen Dreifüsse der englischen Mikroskope und die flachen Greifenklauen z. B. des Zentmayer'schen Centennial-Standes sind für die riesigen Instrumente, welche sie stützen, am Platze. Unsere sogen. kontinentalen Mikroskope bedürfen dieser Vorrichtungen im Allgemeinen nicht. Die kreisrunden oder ovalen Fussplatten kommen nur selten noch zur Anwendung. Sie verdienen ihrer geringeren Stabilität wegen abgeschafft zu werden. Die Füße werden zweckmässig so eingerichtet, dass sie nicht mit der ganzen Unterfläche, sondern nur mit drei etwa die Ecken eines gleichschenkeligen Dreiecks ausfüllenden Fussflächen den Arbeitstisch berühren. Untertheile von Dreifussform besitzen einzelne kleinere Stative, z. B. Stativ IIb von E. Leitz oder Stativ IX von C. Zeiss, Fig. 186. Der Fusstheil besitzt einen senkrecht nach oben ragenden Fortsatz, der die übrigen Theile des Mikroskops trägt. Bei den zum Umlegen eingerichteten Instrumenten reicht er bis zum Umlegegelenk, bei den einfacheren anderen Stativen entweder bis zur Ansatzfläche der zur Aufnahme des Tubus bestimmten Hülse, in welchem Fall er die ganze Säule repräsentirt, oder nur bis zum Obertheil der Säule, einen Theil der Mikrometervorrichtung bergend.

2. Die Säule. Ihr unteres Ende ist meist senkrecht von ver-

¹⁾ In den Werken von Nägeli und Schwendener (1877), von Fraunhofer (1880), Bachmann (1883), Dippel (1885) und Frey (1886) werden als bewährte Werkstätten für Mikroskope namhaft gemacht die Firmen: D. Hartnack (Potsdam-Paris), C. Véricq (Paris), C. Zeiss (Jena), Seibert & Kraft (Wetzlar), G. & S. Merz (München), R. Winkel (Göttingen), F. W. Schieck (Berlin), E. Leitz (Wetzlar), S. Plössl & Comp. (Wien), Powell and Lealand (London), Th. Ross (London), Smith, Beck & Beck jetzt R. & J. Beck (London), S. Highley (London), Ch. Baker (London), Nachet et fils (Paris), C. Reichert (Wien), O. Himmler (Berlin), P. Thate (Berlin), J. Klönne & Müller (Berlin), E. Böcker (Wetzlar), Th. Ernst (Zürich), Thury & Amey (Genf), Browning, Crouch & Pillischer (England), Spencer, Tolles, Wales (Amerika), S. Bénèche (Berlin), P. Wächter (Berlin), R. Wasserlein (Berlin), Fr. Schmidt & Haensch (Berlin), A. Nachet (Paris), J. Zentmayer (Philadelphia).

schiedener Gestalt und unverrückbar fest mit dem Fuss verbunden. Bei manchen Stativen liegt die Achse des Umlegegelenkes nur wenige

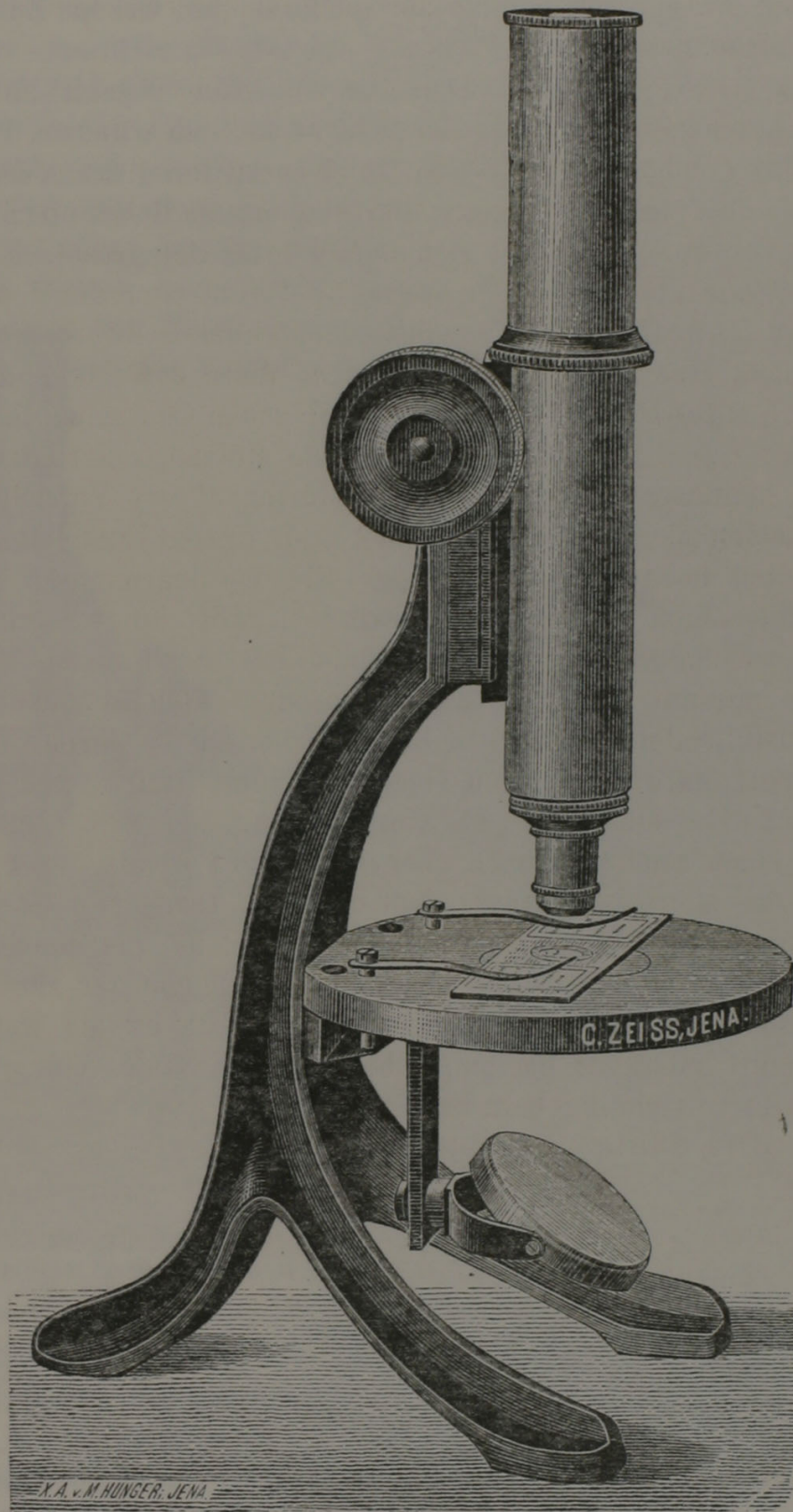


Fig. 186. Mikroskop mit Stativ IX von C. Zeiss, 1895.

Centimeter über der Fussplatte. Meist liegt sie etwas höher, an der Grenze des unteren und mittleren Drittels. Von ihrer Lage ist Gestalt

und Gewicht der Theile abhängig. Selten, fast nur bei kleinen Mikroskopen, bildet die Säule ein solides Ganze. Gewöhnlich folgt auf den mit dem Fuss verbundenen unteren Theil, der, wie bei Zeiss, auch gegabelt sein kann, im Anschluss an die (mit Fixirschraube versehene) Umlegevorrichtung ein Mittelstück, welches Objektisch und Beleuchtungsapparat trägt und die Stütze für den oberen Theil der Säule bildet. Dieser obere Theil, mit dem mittleren durch die Mikrometervorrichtung verbunden, trägt an einem Horizontalarm die zur Aufnahme des Tubus bestimmte Hülse; bei den grösseren Modellen bildet diese ein besonderes Stück, das an den Horizontalarm durch die bekannte Zahn- und Trieb-Vorrichtung zur groben Einstellung angegliedert ist. Die Güte eines Stativs und die Brauchbarkeit des Mikroskopes ist von der tadellosen Ausführung und dem sicheren Funktioniren dieser Theile abhängig. Alle Bewegungen (Umlegen, grobe und feine Einstellung, Verschiebung der Beleuchtungsapparate etc.) müssen gleichmässig leicht und sicher ausgeführt und an jedem Punkte der Bahn mit absoluter Schärfe sistirt werden können, ohne dass durch das Eigenwicht der Theile eine Nachbewegung folgt. Die Abnutzung der Gleitflächen, Schraubengänge und Zahn- und Triebmechanismen sei auf einen möglichst geringfügigen Betrag reduziert. Die meisten Werkstätten liefern jetzt schon der Konkurrenz wegen in dieser Beziehung gute Arbeit. Diese kostet natürlich mehr als der Nothbehelf früherer Jahrzehnte. Immerhin trägt das für ein gutes Stativ aus gegebene Geld reichliche Zinsen, durch die entsprechende Förderung und Erleichterung der Arbeit beim Benutzen des Mikroskopes.

3. Der Objektisch. Derselbe ist bei den einfachsten Mikroskopen, z. B. Stativ IX von C. Zeiss, Fig. 186, fest mit der Säule verbunden. Bei den mit feiner Einstellung versehenen einfacheren Instrumenten, z. B. Stativ VII von C. Zeiss, Fig. 187, sitzt er an dem Fusstheil des Stativs. Bei den mittleren und grossen zum Um-

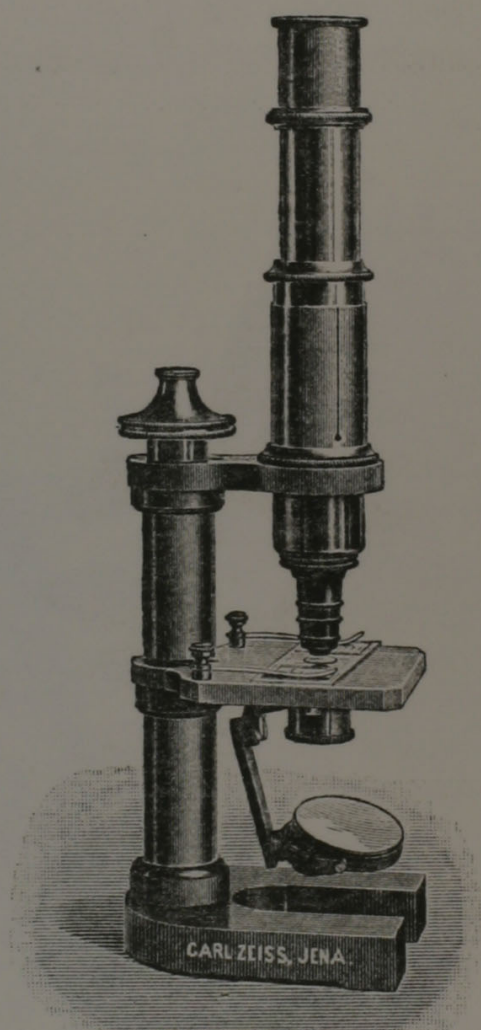


Fig. 187. Mikroskop mit Stativ VII von C. Zeiss, 1895.

legen eingerichteten Stativen ist er mit dem Mitteltheil verbunden und demselben unmittelbar über dem Umlegegelenk eingefügt (Fig. 188 und 189).

Schon beim einfachen Mikroskop wurde erwähnt, dass die Brauchbarkeit eines Mikroskopes sehr wesentlich durch die Grösse des Objektisches bedingt wird. Die neueren Instrumente tragen denn auch meist diesbezüglichen Ansprüchen genügend Rechnung. Die Zeiss'schen Modelle, welche hier als typisch herausgegriffen sind, mögen zur Illustration genügen. Speziell für bakteriologi-

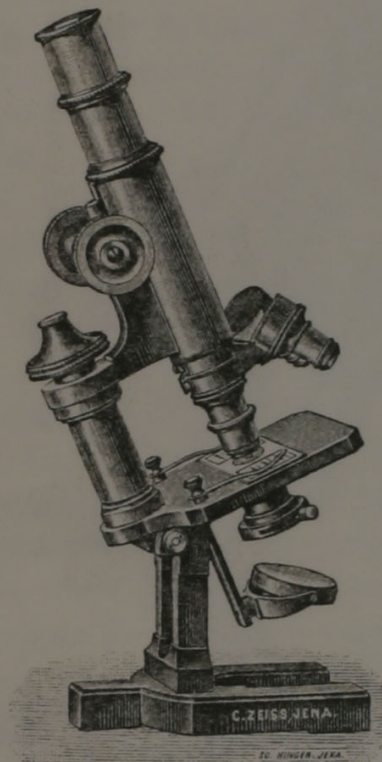


Fig. 188. Mikroskop mit Stativ VIa von C. Zeiss, 1895.

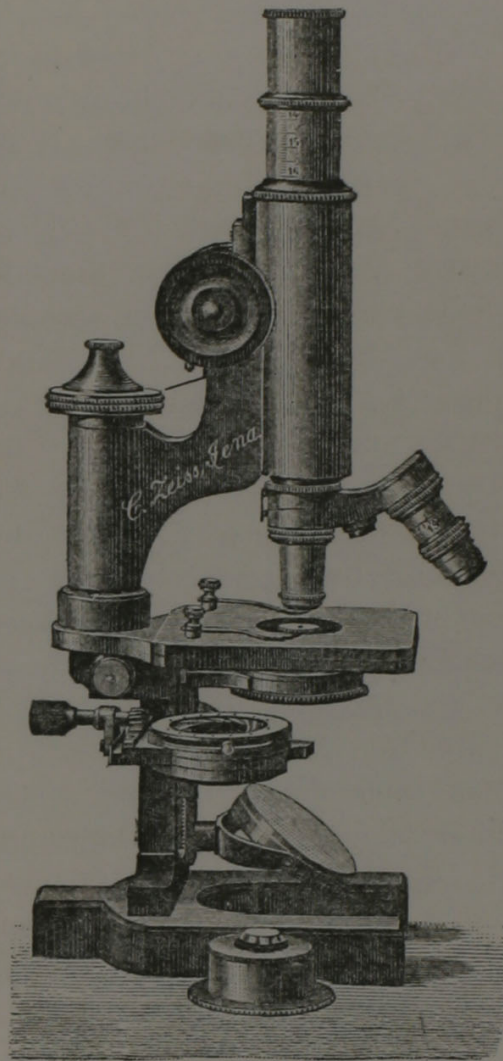


Fig. 189. Mikroskop mit Stativ IVa von C. Zeiss, 1895.

sche Arbeiten, wie die Untersuchung von Platten und Schälchen, ist ein ausreichend grosser Objektisch unerlässlich. Stativ IVa von C. Zeiss, Fig. 189, für bakteriologische Arbeiten sehr beliebt, hat einen solchen Objektisch aus Hartgummi von 90×90 mm Grösse. Die Gestalt des Tisches, ob viereckig oder rund, ist nicht von wesentlicher Bedeutung. Die runden Tische sind häufig zum Umdrehen um die optische Achse eingerichtet. Dies ist für viele Arbeiten zweckdienlich und für manche unerlässlich. Die grösseren Stative von C. Zeiss, z. B. das in Fig. 190 wiedergegebene Stativ Ia, haben die Vorrichtung. Mit derselben ist auch die Einrichtung verbunden, dass der Objektträger in

zwei aufeinander senkrechten Richtungen in der Tischebene durch Mikrometerschrauben bewegt werden kann, für die exakte Absuchung des Präparates bekanntlich eine sehr wichtige Beihilfe. Der Ausschlag beider Bewegungen wird vermittelt zweier Skalen durch Noniusablesung kontrollirt und dadurch ermöglicht, bestimmte Stellen des Präparates jederzeit wieder aufzufinden. Aehnliche Konstruktionen sind seit längerer Zeit bekannt. Die hier erwähnte Zeiss'sche Vorrichtung wird als „neuer, mechanisch beweglicher, grosser Kreuztisch“ geführt (vgl. Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie, Band 11, Heft 3). An älteren Mikroskopen französischer und englischer Werkstätten wurde zur Erzielung des nämlichen Effektes vielfach eine andere Konstruktion benutzt. Ein seitlich angebrachter Hebelgriff gestattet, beide Verschiebungen auszuführen. Leider waren diese Verschiebungen für moderne Ansprüche nicht fein genug. Sonst bietet die alte Methode den unleugbaren Vortheil, dass nur ein Griff benutzt wird, während bei der neuen Konstruktion die Hand stets zwischen zwei Griffen hin und her suchen muss, bevor die richtige Stellung des Präparates gefunden ist. Selbstredend müssen solche Mechanismen glatt, leicht und sicher arbeiten, keine todten Gänge haben und in jeder Stellung unverrückt sistirt werden können.

Mit dem Mitteltheil des Stativs sind nun auch die früher beschriebenen Apparate zur Beleuchtung des Objektes, einschliesslich der Blenden etc. verbunden. Bei den grösseren Mikroskopen sind dieselben durch Zahn und Triebvorkehrung, bei den kleineren durch Gleitbewegung durch die Hand vereinigt. Nur bei den kleinsten Stativen, z. B. Stativ IX von C. Zeiss, Fig. 186, welche des Abbe'schen Beleuchtungsapparates entbehren, ist der Spiegel fest mit der Säule verbunden.

Die Stative für spezielle Untersuchungen, z. B. mineralogische, oder für polarisirtes Licht, haben zum Theil besonders konstruirte Objektische, deren Beschreibung wohl hier entfallen kann. Dasselbe

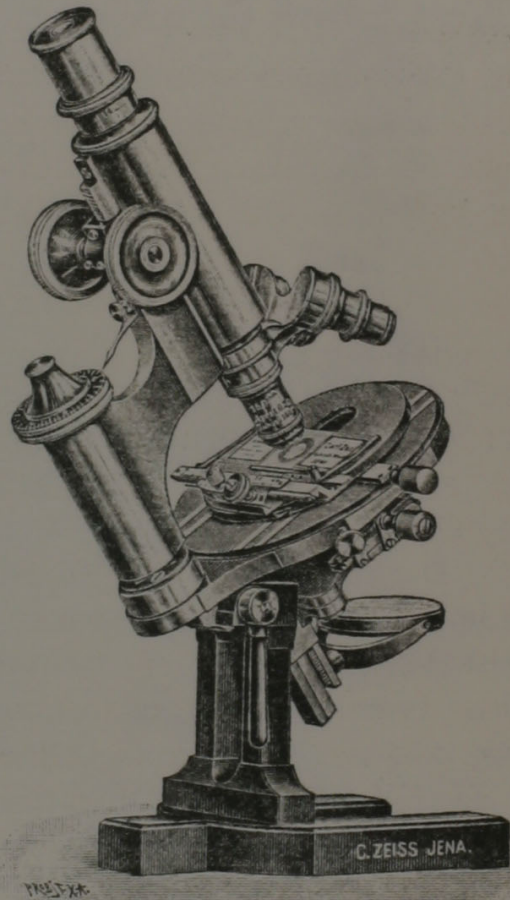


Fig. 190. Mikroskop mit Stativ Ia und neuem beweglichen Objektisch von C. Zeiss, 1895.

gilt von den Objektischen mit Heizvorrichtung oder für elektrische Bearbeitung des Objektes. Sehr wichtig, und neuerdings wohl allgemein ausreichend berücksichtigt, ist die Wahl eines widerstandsfähigen Materials für den Objektisch. Geschwärtzter Messing, Hartgummi und in einigen Fällen auch Glas ist hier zu nennen. Hartgummi besitzt den Vorzug. Löcher zum Anbringen von Objektklemmen, zum Aufsetzen von anderen Vorrichtungen sind für gewöhnlich angebracht. Sonst soll die Ebene des Tisches glatt und ohne Hervorragungen irgend welcher Art sein. Manche Modelle sind mit auswechselbaren Objektischen zu verschiedenen Zwecken versehen. Dabei ist nur die Unterlage der Tische fest mit dem Stativ verbunden. Die Firma W. & H. Seibert benutzt für die Bewegungen des Objektisches eine Vorrichtung nach englischer Art. Die beiden Griffe liegen in einer Ebene an der rechts vom Arbeiter gelegenen Seite des Tisches. Bei C. Zeiss ragt der eine Griff rechts seitlich, der andere in der Mitte nach oben aus der Ebene des Objektisches hervor. Die Vorrichtung von Seibert dürfte Manchem handlicher sein. Die grösseren Stative von E. Leitz, welche neuerdings rasch in Aufnahme gekommen sind, ähneln denen von C. Zeiss. Die Angriffe für die Objektischverschiebungen sind, wie bei Seibert, beide auf der rechten Seite des Mikroskopes; ein Trieb am Objektisch, der andere oberhalb der Umlegevorrichtung zwischen Säule und Objektisch.

Derjenige Theil des Stativs, welcher den Obertheil der Säule bildet und bei den mit feiner Einstellung ausgerüsteten Modellen diese Vorkehrung trägt, ist vermittelt eines Seitenarmes mit der Hülse bzw. dem Tubus verbunden. Es ist natürlich von Wichtigkeit, dass der Seitenarm genügend lang ist, damit der Tubus genau in der Mitte über dem Objektisch gehoben und gesenkt werden kann. Einige Werkstätten benutzen einen doppelten Seitenarm mit Gelenkverbindungen und mittlerem Führungsstück, z. B. die schönen Stative von W. & H. Seibert in Wetzlar sind so ausgerüstet.

4. Die Einstellvorrichtungen. Ganz einfache Instrumente, bei denen die Einstellung ohne Zuhülfenahme besonderer Vorkehrungen nur durch Verschieben des Tubus in der Hülse mit der Hand erfolgt; werden zwar vielfach gemacht und für Laien vertrieben, kommen jedoch für wissenschaftliche Arbeiten nicht in Betracht. Die einfachsten Arbeitsstative haben neben dieser Gleitbewegung für die grobe, für die feine Einstellung wenigstens eine Schraubeneinrichtung. Seibert benutzt dazu am Stativ VIII seines kleinen Mikroskopes noch die alte, sonst aufgegebene senkrechte Bewegung des Objektisches durch eine rechts unter demselben angebrachte Schraube. Die meisten anderen Werkstätten rüsten auch die kleinen Stative mit einer den Tubus hebenden und senkenden Mikrometervorrichtung aus.

Bei den mittleren und grösseren Stativen geschieht die grobe Einstellung durch Zahn und Trieb, eine der Gleitbewegung bedeutend überlegene und sichere Einrichtung. Das in Fig. 186 reproduzierte kleine Zeiss'sche Mikroskop hat überhaupt nur diese eine Einstellvorrichtung. Aehnlich ist das Stativ VI von E. Leitz eingerichtet. Für die Mikrometerschraube zur feineren Einstellung giebt es mehrere derzeit gangbare Systeme, deren Details in der betreffenden Fachliteratur ausführlich dargelegt sind. Das Wesentliche ist ein gleichmässig sanfter und sicherer Gang. Meist wird die Vorrichtung mit einer Eintheilung der Kopfschraube zur Bestimmung der Hubhöhe versehen. Diese Schraube ist theils oben, theils unten am Stativ angebracht. Letztere Anbringung wird von manchen Mikroskopikern für besonders handlich bezw. bequem erachtet. Die Seibert'schen Mikroskope sind z. B. so eingerichtet. Bei dem grossen Stativ I dieses Institutes ist für die allerfeinste Einstellung in der Mitte der Vorderseite der Säule noch eine dritte Schraube angebracht.

5. Der Tubus. Bei den kleinen und einem Theil der mittleren Stative ist der Tubus eine meist mit Auszug versehene Röhre, welche frei in der Hülse gleitet bezw. darin gedreht werden und herausgezogen werden kann. Bei den grösseren Modellen fällt die Gleithülse fort, ist vielmehr mit dem unteren durch Zahn und Trieb dem Seitenarm angegliederten Tubustheil identisch, in welchem der Auszug drehbar und verschiebbar ist. Der Tubusauszug wird jetzt meist mit Millimeterskala behufs Bemessung der Gesamtlänge versehen, da der optische Apparat unserer (kontinentalen) Mikroskope auf die Länge von 160 mm justirt ist, gemessen von der Aufliegefläche des Okulars auf dem oberen Tubusrand bis zur oberen Ansatzfläche des Objektivs an den Tubus oder an etwaige Zwischenstücke (Revolver, Schlitten etc.).

Die Verbindung der Okulare mit dem Stativ geschieht fast ausnahmslos durch Einschieben derselben in das obere Tubuslumen. Die Objektive werden entweder unten an das verjüngte Ende des Tubus angeschraubt (society screw) oder durch Vermittlung von Zwischenstücken zum Wechsel der Objektive verbunden, wie Revolver, Revolverscheiben, Schlittenvorrichtungen und ähnliche. Selbstverständlich müssen derartige Vorrichtungen genau centrirt sein. Den Schlittenauswechslern giebt C. Zeiss einen Schlüssel zur genauen Einstellung der Mitte zu.

Auch die Unterbringung des Mikroskopes ausserhalb der Benutzung ist von grosser Wichtigkeit. Sie muss derart eingerichtet sein, dass die einzelnen Bestandtheile unbeweglich beim Transport liegen und das Ganze vor Staub geschützt bleibt. Die üblichen Kästen pflegen zu genügen. Vorzuziehen sind die neuerdings eingeführten Schränkchen, Fig. 191, in denen Okulare, Objektive —

diese in besonderen Hülsen — und allerlei Nebenapparate Platz finden. Für die Unterbringung der Objektive an den Schlittenschiebern hat C. Zeiss besonders praktische Kästchen mit Schloss angefertigt, die zum täglichen Gebrauch zu empfehlen sind.

Eine Beschreibung der englischen und amerikanischen neueren Stative habe ich unterlassen, weil diese Mikroskope bei uns wenig in Gebrauch sind; dasselbe gilt von den neuesten binoku-

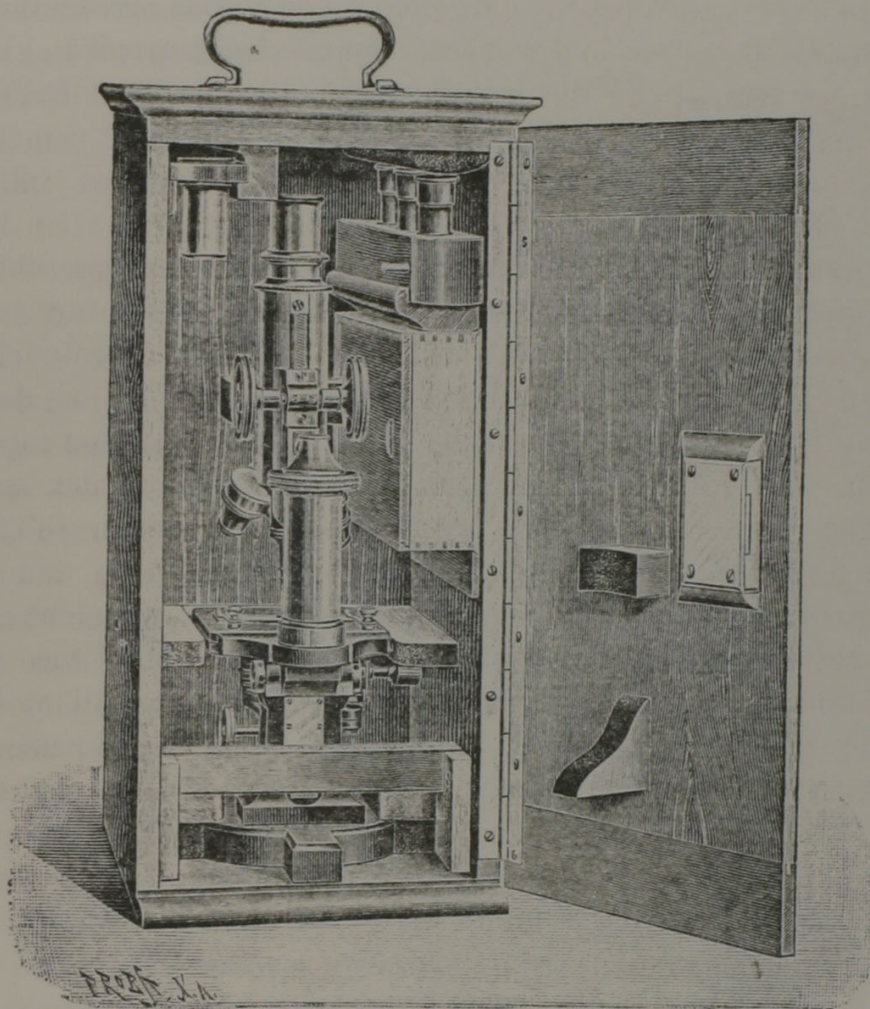


Fig. 191. Mikroskop, Stativ IVa, im Schrank stehend, von C. Zeiss, 1895.

lären Mikroskopen. Hinsichtlich der früher erwähnten katoptrischen und katadioptrischen Mikroskope, die nur noch ein historisches Interesse beanspruchen, verweise ich auf den betr. Abschnitt in dem Buche von Harting.

Für Reise- und Exkursionszwecke werden in vielen Werkstätten besonders kompendiöse und wenig Raum beanspruchende Mikroskope angefertigt, die sich im optischen Theil von den anderen Mikroskopen jedoch nicht unterscheiden, und im Stativ mehrere, ein enges Zusammenpacken ermöglichende Sonderheiten bieten. Ein Eingehen auf diese Details erscheint mir erlässlich, da aus den Preisverzeichnissen alles Wissenswerthe ersichtlich ist.

Schlussbemerkung.

Die wichtigsten Erscheinungen in der Entwicklung der Mikroskope sind dem Leser hiermit vorgeführt worden. Wir lernten die Linse, den wesentlichsten Bestandtheil aller Mikroskope, als ein Produkt aus der kunstfertigen Hand des Menschen kennen, das mit seiner Geschichte in das graue Alterthum hineinragt, und dessen eigentlicher „Erfinder“ unbekannt ist. Während die Linsen im Alterthum vornehmlich als Brenngläser und erst später für Vergrösserungszwecke benutzt wurden, kamen im 12. Jahrhundert die Lesegläser und Brillen allgemein in Gebrauch. Erst im Anfang der „neuen Zeit“, am Ende des 16. Jahrhunderts, entstanden die eigentlichen Mikroskope; als Erfinder des zusammengesetzten Mikroskopes gilt jetzt Zacharias Janssen, der um 1590 das erste derartige Instrument verfertigte. Das Facsimile eines um 1650 veröffentlichten Portraits dieses um das Mikroskop so hochverdienten Mannes ist dem Werkchen einverleibt. Das einfache Mikroskop, von dem am Anfang des 17. Jahrhunderts zahlreiche Werke berichten, feierte in Leeuwenhoeks Leistungen seinen ersten wissenschaftlichen Triumph. Die Entwicklung des zusammengesetzten Mikroskopes vollzog nun ihren relativ langsamen Gang, der mehr dem Stativ und den Nebentheilen zu Gute kam, während des 17. und 18. Jahrhunderts bis zur praktischen Durchführung der Achromasie im Beginn des 19. Jahrhunderts. Nachdem diese Erfindung mit der schon früher geübten Fertigkeit statt einzelner Linsen deren Kombinationen zu Systemen zu verwenden, vereint wurde, hatte das zusammengesetzte Mikroskop über das bis dahin zu stärkeren Vergrösserungen fast ausschliesslich benutzte einfache den Vorrang erzielt. Nun nahm die Entwicklung des optischen Apparates einschliesslich des Beleuchtungsapparates ein etwas schnelleres Tempo an. Um die Mitte unseres Jahrhunderts wurden die ersten Immersionen hergestellt, zuerst für Wasser, und einige Jahrzehnte später die homogenen Oelimmersionen. Der für alle Zeit denkwürdigen Zusammenarbeit von Abbe, Zeiss und Schott entsprangen um die Mitte der achtziger Jahre die Achromatsysteme und um 1888 die für Vordermedien mit höherem Brechungsindex eingerichteten Monobromnaphthalin-Immersionen, im Sinne dieses Entwicklungsganges das derzeitige letzte Glied darstellend. Wir sahen, dass die Theorie erlaubt, diese Leistung noch nicht als das Schlussglied der schönen Reihe anzusehen. Wir haben vielmehr die Berechtigung, in der Zukunft noch weitere Verbesserungen zu erhoffen. Die optischen Eigenschaften der durchsichtigen Medien mit hohem Brechungsindex sind die physikalische Grundlage für diese Hoffnung. Mithin hat die Natur selbst den Weg zu weiterer Ver-

vollkommenung des Mikroskopes gewiesen. Wie weit Natur und Kunst vereint das Mikroskop auf seinem Entwicklungsgange noch bringen werden, wer möchte sich unterfangen, das Ende jetzt abzusehen? Zahn, der gelehrte Jesuitenpater, hat dem fundamentum physicum seu naturale seines oculus artificialis, das weniger einem resignirten ignorabimus als einem hoffnungsfrohen Forschertrieb entsprechende Motto vorangeschickt:

Herculeas posuit naturae nemo columnas,
Et si quis studeat ponere vanus erit —
Sic nec et ingeniis discendi meta locata est:
Pluribus indeptis altius ire volunt —
Innatum est cunctis sublimia plurima scire:
Utque scias brevis est regula scire velis. Zahn, 1685.

Deutsch:

Herkules-Säulen vermocht' der Natur noch keiner zu setzen,
Selbst wenn einer es wollt', sicher misslänge es ihm!
Auch ist dem forschenden Geist kein Grenzstein des Forschens zu stecken:
Selbst wenn er vieles erreicht, höher und weiter er strebt!
Innewohnt allen der Drang das Höchste und Meiste zu wissen;
Kurz ist der Rath: Du gewinnst Wissen, wenn ~~Lernen~~ Du willst.

Wiss

Verzeichniss derjenigen Werke, Abhandlungen etc., die im Original benutzt worden sind.¹⁾

1. Opticae thesaurus **Alhazeni** Arabis libri septem, nunc primum editi. Ejusdem liber de crepusculis et nubium ascensionibus, item **Vitellionis** (Vitello's Schrift lib. X $\pi\epsilon\rho\iota\ \sigma\pi\iota\chi\eta\varsigma$ erschien zu Nürnberg 1535 von G. Tansteter und P. Apianus nach Harting.) Thuringopoloni libri X, omnes instaurati, figuris illustrati et aucti, adjectis etiam in Alhazenum commentariis a **Federico Risnero**, cum privilegio Caesareo et regis Galliae ad sexennium. Basileae, per Episcopios, 1572.

Notiz: Auf dem Vorblatt des Exemplars, das auf dem Rücken mit „Ibn al Haitam“ bezeichnet ist, befindet sich die Notiz: Verfasser: Ibn al-Haitam († 430 H = 1038 D.)

2. Mundus jovialis, anno 1609 detectus ope perspicilli Belgici etc. inventore et authore Simone Mario **Guntzenhusano**, etc. Nürnberg.

3. **Rogerii Baconis** Angli viri eminentissimi Perspectiva, in qua quae ab aliis fuse traduntur, succincte, nervose et ita pertractantur, ut omnium intellectui facile pateant. Nunc primum in lucem edita opera et studio **Johannis Combachii**, philosophiae professoris in Academia Marpurgensi ordinarii. Francofurti Tip. Wölfg. Richter, sumpt. Ant. Humm. 1614.

4. Insectorum sive minimorum animalium theatrum olim ab Ed. Wottono, Conr. Gesnero, Thom. Pennio inchoatum tandem Tho. **Moufeti** Londinatis opera sumptibusque maximis concinnatum, auctum, perfectum: et ad vivum expressis iconibus supra quingentis illustratum. Londini, 1634. (Die Laus misst nur 45 mm!)

5. **Renati Des Cartes** Principia philosophiae, Amstelodami apud Lud. Elzevirum, 1644.

6. **Renati Des Cartes** specimina philosophiae seu dissertatio de methodo recte regendae rationis, et veritatis in scientiis investigandae: Dioptrice et Meteora. Ex Gallico translata, et ab auctore perlecta, variisque in locis emendata. Amstelodami, apud Lud. Elzevirum, 1644 (wurde laut Vorrede des Autors 7 Jahre früher „Gallice“ veröffentlicht).

Henrici Regii Ultrajectini fundamenta physices, Amstel. Elzev. 1646. (mit 5. und 6. ein Band.)

7. **Oculus Enoch et Eliae** sive Radius Sidereomysticus Planetarum Veros motus solo excentrico tradens nova et jucunda continens Conditorem siderum eiusque per facta visibilia magnalia praedicans. Antverpiae, ex Officina Typographica Hieronymi Verdussii. 1645. Autore: R. P. F. **Antonio Maria Schyrleo de Rheita**. Ord. Capucinorum Concionat. et Provinciae Austriae ac Bohemiae Quondam Praelectore.

8. **Athanasii Kircheri**, Fuldensis Buchonii e soc. Jesu Presbyteri, olim in Herbipolensi et Avenionensi Societatis Jesu Gymnasii Orientalium linguarum et Matheseos, nunc hujus in Romano Collegio Professoris ordinarii: Ars magna lucis et umbrae in X libr. digest. etc. Roma, sumpt. Herm. Scheus. 1646.

9. Novae coelestium terrestriumque rerum observationes, et fortasse hactenus non vulgatae a Francisco **Fontana** specillis a se inventis et ad summum perfectionem perductis editae. Neapoli, Super. Permissu, apud Goffarum. 1646.

10. De vero telescopii inventore cum brevi omnium conspiciolorum historia. Ubi de eorum confectione et usu, seu de effectibus agitur, novaque quaedam circa ea proponuntur. Accessit etiam centuria observationum microscopicarum. Authore **Petro Borello**, regis christianissimi consiliario et medico ordinario. Hagae Comitum, typ. Adrian Vluy. 1655.

11. **P. Gasparis Schotti** Regis-Curiani, e societate Jesu olim in Panormitano Siciliae, nunc in Herbipolitano Franconio Gymnasio ejusdem Soc. Jesu Matheseos

¹⁾ Zur besseren Charakterisirung der Werke ist deren Titel ausführlich gegeben worden.

Professoris: Magia universalis naturae et artis, sive recondita naturalium et artificialium rerum scientia, cujus ope per variam applicationem activorum cum passivis, admirandorum effectuum spectacula, abditarumque inventionum miracula ad varios humanae vitae usus eruuntur, opus quadripartitum: p. I. optica. II. acoustica. III. mathematica. IV. physica etc. cum Figuris aeri incisus etc., sumpt. Joh. Martini Schönwetteri, Bambergae, **1657**. (1677 andere Ausgabe.)

12. **Athanasii Kircheri** e Soc. Jesu Scrutinium Physico-Medicum Contagiosae Luis, quae PESTIS dicitur, quo origo, causae, Signa, prognostica Pestis nec non insolentes malignantis Naturae effectus qui statis temporibus, caelestium influxuum virtute et efficacia, tum in Elementis; tum in epidemiis hominum animantiumque morbis elucescunt, una cum appropriatis remediorum Antidotis nova doctrina in lucem eruuntur. Ad Alexandrum VII, Pont. Opt. Max. Romae, Typis Mascardi **1658**. Super. Permissu.

13. Philosophical transactions, giving some accompt of the present undertakings, studies and labours of the ingenious in many considerable parts of the World. Von Vol. I, **1665** an. — In the Savoy, printed by etc. Printers to the Royal Society, London —. Insbes. vide Vol. VIII u. IX, **1673**; die ersten Briefe L.'s. an die Roy. Soc. enthaltend.

14. Micrographia: Or some physiological descriptions of minute bodies, made by magnifying glasses, with observations and inquiries thereupon, by **R. Hooke**, Fellow of the royal society, London, **1667**.

15. La Vision Parfaite ou le Concours des deux Axes de la Vision en un seul point de l'object. Par le P. **Cherubin d'Orleans**, Capucin. Paris, chez Sebastian Mabre-Cramoisy, Imprimeur du Roy, rue Saint Jaques, aux Cicognes. **1677**.

16. Ontdeckte onsigtbbaarheeden door **Antoni van Leeuwenhoek**, R. de Hooghe amico suo d. D. **1685** (Titelkupfer).

Ontleding en Ontdekkingen van levende Dierkens in de Teel-Deelen van verscheyde Dieren, Vogelen en Visschen van het Hout, met der selver menigvuldige Vaaten; van Hair, Vlees en Vis; Als mede van de groote menigte der Dierkens in de Excrementen, Vervat in verscheyde Brieven, Geschreven aan de Wyt-vermaarde Koninklijke Wetenschap - Zoekende Societeit, tot Londen in Engeland. Door **Antoni van Leeuwenhoek**, Mede broeder van de selve Societeit, Tot Leyden, By Cornelis Boutestyn, Boekverkooper, op't Rapenburg Ao **1686**. (Im Ganzen 8 Theile:

Der 1. Band der Briefe erschien unter obigem Titel; der 2. Band, Vervolg der Brieven etc. 1688 ebenfalls bei Boutesteyn; der 2. Vervolg der Brieven 1689 bei Andries Voorstad, Delft; der 3. Vervolg 1693 bei Henrik van Kroonevelt; der 4. Vervolg 1694 ebenda; der 5. Vervolg (mit schönem Titelkupfer) 1696 desgl.; der 6. Vervolg 1697 desgl. (hier ein aan de Beminnars der Regtschape Natuur-Kunde gerichtetes, schönes Gedicht von P. Rabus); der 7. Theil (Send-Brieven etc.) 1718 bei Adriaan Beman (mehrere Gedichte etc.). Die ganzen Abhandlungen sind in vier umfangreichen Quartbänden gebunden.

17. Oculus artificialis teledioptricus siye Telescopium, abditis rerum naturalium et artificialium principiis protractum nova methodo eaque solida explicatum accomprimis e triplici fundamento Physico seu naturali, Mathematico dioptrico et Mechanico seu practico stabilitum. Opus curiosum practico-theoreticum magna rerum varietate adornatum, multorum vobis diu expetitur omnibus artium novarum studiosis perquam utile, quo Philosophiae atque Mathesi praesertim mixtae, nec non universo penes hominum statui amplissimis adjumentis consulitur; nova plurima abstrusa curiosa Technasmata recluduntur, ipsaque ars telescopiaria facillime addiscenda ac sumptibus non adeo magnis in praxi adducenda proponitur, adeoque Telescopium ex tenebris in lucem asseritur. Authore R. P. F. **Joanne Zahn**, Casolopolitano Sacri Candidi Canonici Ordinis Praemonstratensis in Cella Dei Superiore

prope Herbipoliam Professo, cum facultate superiorum, Herbipoli, sumpt. Q. Heyl, 1685, 2. Auflage 1702.

18. **Leeuwenhoek**, 1687. Anatomia seu inferiora rerum, cum animatarum tum inanimatarum, ope et beneficio exquisitissimorum microscopiorum detecta, variisque experimentis demonstrata, una cum discursu et ulteriore dilucidatione epistolis quibusdam ad celeberrimum, quod serenissimi Magnae Britanniae Regis auspicio Londini floret, philosophorum Collegium datis comprehensa ab Antonio L. ejusdem Regiae societatis symmiste. Lugduni Batavorum, apud Cornelium Boutestein, bibliopolam, 1687.

19. Micrographia nova, sive nova et curiosa variorum minutorum corporum singularis cujusdam et noviter ab autore inventi microscopii ope adauctorum et miranda magnitudine repraesentatorum descriptio tum utilitatis quam jucunditatis gratia additis eorum figuris, publicata a Joh. Francisco Griendelio ab Ach, ordin. equestr. spir. sanct. canonico, sacraeque Caesar. Majest. Architecto militari. Norimbergae, sumpt. Joh. Ziegeri. Bibl. 1687.

20. M. n., oder neue curieuse Beschreibung verschiedener kleiner Körper, welche vermittelst eines absonderlichen von dem authore neu erfundenen Vergrößer-Glases verwunderlich gross vorgestellt werden, samt beygefügtten deroselben Abbildungen in vierzehn Kupfferplatten bestehend, so nützlich als ergötzlich ans Licht gegeben. Von Johann Frantz Griendl von Ach, Creutzherrn des Ritter-Ordens des H. Geistes und Sr. Kaiserl. Maj. Ingenieur. Nürnberg. In Verlegung Johann Ziegers, Buchhändlers. Im Jahre Christi 1687.

21. Miscellanea Curiosa sive Ephemeridum Medico-Physicarum Germanicarum Academiae Imperialis Leopoldinae Naturae Curiosorum Decuriae II. Annus Septimus, Anni 1688. Continens Celeberrimorum Virorum, Tum Medicorum, tum aliorum Eruitorum in Germania et extra Eam Observationes Medico-Physico-Chymico-Mathematicas, annexâ Appendice. Cum Privilegio Sacrae Caesareae Majestatis. Norimbergae, Sumptibus Wolfgangi Mauritiî Endteri 1689.

22. Traité de la Lumière. Où sont expliquées les causes de ce qui lui arrive dans la Réflexion et dans la Réfraction, particulièrement dans l'étrange Réfraction du Cristal d'Islande. Par C. H. D. Z. (Huyghens). Leide, chez Pierre Vander Aa, Marchand libraire. 1690.

23. **Leeuwenhoek**: Arcana naturae detecta ab Antonio van Leeuwenhoek Delphis Batavorum, apud Henricum a Krooneveld, 1695 (hierin auf S. 34 die bekannte Bakterienabbildung).

24. **Leeuwenhoek**: Antonii a Leeuwenhoek Regiae, quae Londini est, societatis collegae epistolae physiologicae super compluribus naturae arcanis; ubi variorum animalium atque plantarum fabrica, conformatio, proprietates atque operationes, novis et hactenus inobservatis experimentis illustrantur et oculis exhibentur; item peculiares et hactenus incognitae rerum quarundam qualitates explicantur: ut sequens pagina docet (?) hactenus numquam editae (?) cum figuris aeneis et indice locupletissimo. Delphis, apud Adrianum Beman, 1719.

? Das holländische Original war zwei Jahre vorher erschienen.

25. Observationes circa viventia, quae in rebus non viventibus reperiuntur. Cum micrographia curiosa. Sive rerum minutissimarum observationibus, quae ope Microscopii recognitae ad vivum exprimuntur. His accederunt aliquot animalium testaceorum icones non antea in lucem editae. Omnia curiosorum naturae exploratorum utilitati et jucunditati expressa et oblata. Illustrissimo Domino Dr. Leoni Strozzae excellentissimi Ducis Strozze filio a patre **Philippo Bonanni**, societ. Jesu sacerdote, Romae 1691, sumpt. Franc. Anton. Galleri et Jos. S. Germani Corni in Plat. Pasquini, superiorum permissu.

26. **William Molyneux**, Dioptrica nova. A treatise of Dioptricks, in two Parts, wherein the various effects and appearances of spherick glasses, both, convex

and concave, single and combined in Telescopes and Microscopes together with their usefulness in many concerns of humane life are explained. London, B. Tooke, **1692**.

27. *Essay de Dioptrique*, par Nicolas **Hartsoecker**, Paris, J. Anisson, **1694**.

28. *Collegium experimentale sive curiosum in quo Primaria Seculi superioris Inventa et Experimenta Physico-Mathematica, Speciatim Campanae Urinatoriae, Camerae obscurae, Tube Torricelliani, seu Baroscopii, Antliae Pneumaticae, Thermometrorum, Hygroskopiorum, Telescopiorum, Microscopiorum. Phaenomena et effecta, Partim ac aliis jam pridem exhibita, partim noviter istis superaddita, per ultimum quadrimestre Anni 1672. Viginti Naturae Scrutatoribus, Ex parte illustri Secunda vice publicum voluit Johannes Christophorus Sturmius, Phil. et Mathem. ac Phys. in Incluta Altdorffina P. P. Norimbergae, Sumptibus Wolfgangi Mauricii Endteri. Typis Johannis Ernesti Adelbulneri. Anno 1701.*

29. *Der dreyfach geartete Sehestrahl, In einer kurtzen doch deutlichen Anweisung zur Optica. Oder: Sehe-Kunst, bei übrigen und einsamen Stunden zu Erhebung Göttlicher Weissheit und den Kunstbegierigen zur Handleitung, in etwas erwogen von Johann Michael Conradi, t. t. Past. Cob. Castell. Cum censura et approbatione inclutae Facultatis Philosophicae Jenensis. Coburg, in Verlegung des Autoris. Thurnau, Joh. Friedr. Regelein. 1710.*

30. **Christian Gottlieb Hertels** vollständige Anweisung zum Glasschleiffen, wie auch zur Verfertigung derer Optischen Maschinen, die aus geschliffenen Gläsern zubereitet und zusammengesetzt werden. Halle im Magdeburgischen Ann. **1716**. Zu finden in der Rengerischen Buchhandlung.

31. *Descriptions et usages de plusieurs nouveaux microscopes, tant simples que composez, avec de nouvelles observations faites sur une multitude innombrable d'insectes, et d'autres animaux de diverses especes, qui naissent dans les liqueurs préparées et dans celles qui ne le sont point par L. Joblot, Professeur Royal en Mathématiques de l'Académie Royale de Peinture et Sculpture; demeurant sur le Quay de l'Horloge du Palais, au gros Raisin. Paris, chez J. Collombat. 1718.*

32. *Fratr̃is Rogeri Bacon, ordinis minorum opus majus, ad Clementem quartum, pontificem Romanum ex M. S. codice Dublinensi, cum aliis quibusdam collato, nunc primum edidit S. Jebb, M. D. Londini, Typis Gul. Bowyer 1733.*

33. *Bybel der natuure, door Jan Swammerdam, Amsteldamer of historie der insecten, tot zekere soorten gebracht door voorbeelden, ontleedkundige onderzoekingen van veelerhande kleine gediertens als ook door kunstige kopere platen opgeheldert. Verrykt met ontelbaare waarnemingen van nooit ontdekte zeldzaamheden in de natuur. Alles in de Hollandsche, des auteurs moedertaale, beschreven. Hier by komt een voorreeden, waar in het leven van den auteur beschreven is door Hermann Boerhaave, Professor in de medecyne etc. etc. De latynsche overzetting heeft bezorgt Hieronimus David Gaubius, Professor in de Medecyne en Chemie. II. Deelen. Te Leyden, by Isaak Severinus, Boudewyn & Pieter van der Aa. 1737.*

34. *Cours complet d'optique, traduit de l'anglais de Robert Smith contenant la théorie, la pratique et les usages de cette Science; avec des additions considérables sur toutes les nouvelles découvertes qu'on a faites en cette matière depuis la publication de l'ouvrage-anglais par L. P. P. ancien professeur royal d'Hydrographie à Marseille. 2 Bde. Avignon, 1767. (Der Uebersetzer heisst Pezenas, wie aus der Ueberschrift der Widmung etc. hervorgeht; das Original erschien 1738 unter dem Titel: A compleat system of opticks. Eine andere Ausgabe hat den Titel: Traité complet d'optique, traduit de l'Anglais de Smith par le P. Pezenas, Avignon, 1767.)*

35. **Newton**: *Optice; sive de reflexionibus, refractionibus, inflexionibus et coloribus lucis libri tres, auctore Isaaco Newton, equite aurato. Latine reddidit Samuel Clarke, S. T. P. editio novissima Lausannae et Genevae, sumpt. Marci-Michaelis Bosquet & Sociorum 1740.*

36. *Micrographia Nova: or, A New Treatise on the Microscope, and Micro-*

scopic Objects. By **Benjamin Martin**. Reading, printed and sold by J. Newberry and C. Micklewright, in the Market-place. London, R. Ware in Amen-Corner, and T. Cooper in Pater-noster-row; Oxford, J. Fletcher in the Turl. Cambridge, W. Thurlbourn; Salisbury, B. Collins, **1742**.

37. Nouvelles Découvertes faites avec le Microscope. Par **T. Needham**, Traduites de l'Anglais. Avec un Mémoire sur les Polypes à Bouquet et sur ceux en Entonnoir. Par A. Trembler. Tiré des Transactions Philosophiques. Leide. De l'Impr. d'Elie Luzac, fils. **1747**.

38. Herrn Zacharias Conrad von **Uffenbach** merkwürdige Reisen durch Niedersachsen, Holland und Engelland. Dritter Theil mit Kupfern. Ulm **1754**, Auf Kosten der Gaumischen Handlung.

39. Observations d'histoire naturelle, faites avec le microscope etc. par feu M. **Joblot**, Professeur etc. Tome I et II. Paris, Briasson, **1754**.

40. a) Martin Frobenius **Ledermüllers**, Hochfürstlich - Brandenburg-Culmbachischen Justiz-Raths, wie auch der Kayserlichen Akademie der Naturforscher und der Deutschen Gesellschaft zu Altdorf Mitglieds mikroskopische Gemüths- und Augen-Ergötzung: Bestehend in Ein Hundert nach der Natur gezeichneten und mit Farben erleuchteten Kupfertafeln, sammt deren Erklärung. Verl. v. A. W. Winterschmidt Kupferstecher in Nürnberg, gedr. v. Chr. de Launoy, **1763** (1761, Vorrede).

41. b) Desselben Nachlese Seiner mikrosk. Gemüths- und Augen-Ergötzungen, I Sammlung, bestehend in zehen fein illuminirten Kupfertafeln, sammt deren Erklärung: und einer getreuen Anweisung, wie man alle Arten Mikroskope geschickt, leicht und nützlich gebrauchen solle etc. Winterschmidt, Nürnberg, **1762**.

42. c) Desselben, abgenöthigte Vertheidigung als ein Anhang seiner mikr. Gemüths- und Augen-Ergötzung: wider einige von dem vornehmen Herren Verfasser (es ist der Freiherr von Gleichen gen. Russwurm gemeint) des Neuesten aus dem Reiche der Pflanzen und der Geschichte der Stubenfliege, in diesen beeden Schriften geäuserte Zweifel und Vorwürfe. Nebst einer Beylage des Verlegers A. W. Winterschmidts, welche die Abbildung einer mit vielen sehr kleinen Insekten geplagten, ganzen und vergrößerten Stubenfliege enthält. Mit Kupfern. Nürnberg **1765**.

43. **Baker**, Henry. Employment for the microscope. 2. Ausg., London, **1764**.

44. **Baker**, Henry, The microscope made easy etc. 5. Ausg., London, **1769**.

45. Beschreibung zweyer zusammengesetzten Mikroskope. Herausgegeben von **Georg Friedrich Brander**, Mechanicus in Augsburg und Mitglied der Churfürstl. Bayrisch. Akademieder Wissenschaften. MitKupfern. Augsburg, E. Klett sel. Wtwe. **1769**.

46. Dr. **Joseph Priestleys** p. p. Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Optik, aus dem Engl. übersetzt von Georg Simon Klügel, Professor der Mathem. zu Helmstädt. 2. Theile. Leipzig, Joh. Friedr. Junius, **1776**.

47. Herrn Wilhelm Friedrich Freiherrn von **Gleichen**, genannt **Russwurm**, Herrn auf Greifenstein, Bonnland und Ezelbach etc. etc. Hochfürstlich Brandenburg Culmbachischen Geheimen Raths etc. etc. auserlesene mikroskopische Entdeckungen bey den Pflanzen, Blumen und Blüthen Insekten und anderen Merkwürdigkeiten. Nebst einer Abhandlung vom Sonnenmikroskop. Mit 84 illuminirten Kupfertafeln Nürnberg b. W. Winterschmidt **1781**.

48. *Nova Acta Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae*, Tom. II. III. 1784. 85. *Petropoli Typis Academiae Scientiarum* **1788**.

49. Essays on the microscope, containing a practical description of the most improved microscopes; a general history of insects their transformations etc. etc. 32. Plates. by the late **George Adams**, mathematical instrument maker to his majesty. 2. edition, by F. Kanmacher. London, Dillon & Keating. **1798**.

50. **David Brewster**, A Treatise on New Philosophical Instruments With experiments on light and colours. Printed for John Murray, Albemarle street, London and William Blackwood; Edinburgh, **1813**. Edinburgh, A. Balfour.

51. **Hiddo Halbertsma**, de Leeuwenhoekii meritis in quasdam partes anatomiae microscopicae, dissertatio etc. Deveter 1843.

52. **F. Le Sueur Fleck**, de Leeuwenhoekii etc. dissertatio, Leyden 1843.

53. **N. H. van Charante de L.** etc. dissertatio, Leyden 1844.

54. **Hugo von Mohl**, Micrographie, oder Anleitung zur Kenntniss und zum Gebrauche des Mikroskops. Tübingen, Verlag und Druck von L. F. Fues. 1846.

55. **John Quekett**, a practical treatise on the use of the microscope including the different methods of preparing and examining animal, vegetable and mineral structures. 2. edition, London, 1852.

56. **P. Harting**, Prof. in Utrecht, Das Mikroskop, Theorie, Gebrauch, Geschichte und gegenwärtiger Zustand desselben. Deutsche Originalausgabe von Dr. Fr. Wilh. Theile, 3 Bände, 2. Aufl., Braunschweig 1866.

57. **Carl Nägeli** und **S. Schwendener**, Das Mikroskop, Theorie und Anwendung desselben. Leipzig 1877.

58. Dr. **Julius Vogel**, Das Mikroskop und die Methoden der mikroskopischen Untersuchung in ihren verschiedenen Anwendungen. 2. Aufl. Berlin 1877.

59. Journal of the Royal Microscopical Society, 1879, II 1 u. 2, 1881, I 1 u. 2, 1884, IV 1 u. 2, 1885, V 1 u. 2. Published by Williams and Norgate, London and Edinburgh.

60. **H. Beauregard et V. Galippe**. Guide de l'élève et du praticien pour les travaux pratiques de micrographie comprenant la technique et les applications du microscope à l'histologie végétale, à la physiologie à la clinique à l'hygiène et à la médecine légale. Paris 1880.

61. Dr. **Leopold Dippel**, Das Mikroskop und seine Anwendung, Theil I u. II, Braunschweig 1867 u. 1869.

62. Sitzungsberichte der Königl. Böhm. Gesellschaft der Wissenschaften in Prag, Jahrgang 1881, Redaction: Prof. Dr. K. Koristka, Prag, 1882.

63. Dr. **Leopold Dippel**, Handbuch der allgemeinen Mikroskopie, 2. umgearbeitete Auflage, Braunschweig 1882.

64. **Central-Zeitung** für Optik und Mechanik, herausgegeben von Dr. Oskar Schneider in Leipzig, 4. Jahrgang, Leipzig, Gressner u. Schramm. 1883.

65. **Otto Bachmann**, Unsere modernen Mikroskope und deren sämtliche Hilfs- u. Nebenapparate für wissenschaftliche Forschungen. München und Leipzig, 1883.

66. Dr. **Leopold Dippel**, Grundzüge der allgemeinen Mikroskopie. Braunschweig, 1885.

67. Dr. **Heinrich Frey**, Das Mikroskop und die mikroskopische Technik. 8. Auflage. Leipzig, 1886.

68. **Jenaische Zeitschrift** für Naturwissenschaft, Band 19 u. 20, Jena, Gustav Fischer 1886 u. 1887.

69. Dr. **Friedrich Löffler**, Vorlesungen über die geschichtliche Entwicklung der Lehre von den Bakterien. Erster Theil, Leipzig, 1887.

70. **W. Behrens, A. Kossel** und **P. Schiefferdecker**, Das Mikroskop und die Methoden der mikroskopischen Untersuchung. Braunschweig, 1889.

71. **René Boneval**, nouveau guide pratique de technique microscopique appliqué à l'histologie et à l'embryogénie, suivi d'un formulaire indiquant la composition des réactifs employés en anatomie microscopique. Paris, 1890.

72. **William Marshall**-Leipzig, Antoni van Leeuwenhoek. Sein Leben und Wirken. Velhagen und Klasings neue Monatshefte. V. Jahrgang 1890/91. Heft 6. S. 737.

73. Dr. **Henri van Heurck**, Le Microscope, sa Construction, son Maniement, la Technique Microscopique en général; la Photomicrographie; le Passé et l'Avenir du Microscope. 4^{ième} Édition, Anvers et Bruxelles, 1891.